Über vorzeitige Aufbraucherscheinungen der Wirbelsäule bei Schlepperfahrern und ihre mögliche Abhängigkeit von Erschütterungen

von

Rosemarie Rosegger

aus Braunschweig

1966

1967 # 59

Aus dem Institut für Arbeits- und Sozialmedizin der
Universität Erlangen-Nürnberg
Direktor: Professor Dr. med. H. Valentin

und dem Institut für Schlepperforschung der
Forschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig - Völkenrode
Direktor: Professor Dr. agr. S. Rosegger

Über vorzeitige Aufbraucherscheinungen der Wirbelsäule bei Schlepperfahrern und ihre mögliche Abhängigkeit von Erschütterungen

Inaugural - Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Friedrich - Alexander - Universität
Erlangen - Nürnberg

Vorgelegt von
Rosemarie Rosegger
aus Braunschweig

Dekan:	Prof. Dr. med. K. G. Ober
1. Referent:	Prof. Dr. med. H. Valentin
2. Referent:	Prof. Dr. med. Dr. phil. nat. H. Pauly

Tag der mündlichen Prüfung: 4. Februar 1966

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität Erlangen - Nürnberg

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die der Medizinischen Fakultät der Universität Erlangen - Nürnberg zur Promotionsprüfung eingereichte Arbeit mit dem Titel: "Über vorzeitige Aufbraucherscheinungen der Wirbelsäule bei Schlepperfahrern und ihre mögliche Abhängigkeit von Erschütterungen" im Institut für Arbeits- und Sozialmedizin unter Leitung von Herrn Prof. Dr. med. H. Valentin und mit Unterstützung des Instituts für Schlepperforschung der Forschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig - Völkenrode unter Leitung von Herrn Prof. Dr. S. Rosegger ohne sonstige Hilfe selbst durchgeführt und bei der Abfassung der Arbeit keine anderen als die im Schriftenverzeichnis angeführten Hilfsmittel benutzt habe.

Ich habe bisher an keiner in- und ausländischen Medizinischen Fakultät ein Gesuch um Zulassung zur Promotion eingereicht noch die vorliegende oder eine ähnliche Arbeit als Dissertation vorgelegt.

Eine Veröffentlichung ist nicht vorgesehen.

Ich übe eine ärztliche Tätigkeit zur Zeit als Praktische Ärztin in eigener Niederlassung in Bortfeld, Kreis Braunschweig aus.

Erlangen, den 20. 1. 1967

Herrn Professor Dr. med. H. Valentin bin ich für die wertvollen Ratschläge bei der Durchführung der vorliegenden Arbeit zu besonderem Dank verpflichtet.

Inhaltsübersicht

	Seite
A. Einleitung und Problematik	4
B. Fahrzeugschwingungen	6
1. Technischer Wissensstand	
2. Arbeitsphysiologischer Wissensstand	
a) anatomische und physiologische Vorbemerkungen	
b) Verhalten der Wirbelsäule unter Schwingungseinfluß	
C. Untersuchungsgut und Untersuchungsmethodik	20
D. Untersuchungsergebnisse	25
E. Diskussion der Ergebnisse	39
F. Zusammenfassung	51
G. Röntgenbilder	53
H. Literaturverzeichnis	63

A. Einleitung und Problematik

Der grundlegende Wandel in der landwirtschaftlichen Produktionstechnik in den letzten zwanzig Jahren führte zur Vollmotorisierung der deutschen Landwirtschaft. Das Fahren auf Schleppern und selbstfahrenden Landmaschinen gehört zur täglichen Arbeit des in der Landwirtschaft tätigen Menschen. 1966 waren über 1.1 Millionen Schlepper und über 100 000 Mähdrescher in der Landwirtschaft zugelassen. Vorwiegend werden diese Maschinen von der jüngeren Generation gefahren.

Die landläufige Annahme, daß die Arbeit in der Landwirtschaft, verglichen mit anderen Wirtschaftszweigen, am wenigsten gesundheitsgefährdend sei, trifft weder für die Vergangenheit der Handarbeits- und Gespannstufe zu, noch weniger jedoch für eine hochtechnisierte Landwirtschaft. Nach 1945 haben unter anderem Zimmer-Vorhaus (1955), Dencker (1961) und Heyde (1963) auf den möglichen gesundheitsgefährdenden Einfluß des Fahrens von Schleppern und selbstfahrenden Landmaschinen auf deren Fahrer hingewiesen, ohne jedoch das volle Ausmaß der gesundheitlichen Schädigungen durch die beim Schlepperfahren auf den Menschen einwirkenden physikalischen Kräfte zu analysieren und durch entsprechende Untersuchungsreihen zu begründen.

In den letzten Jahren wurde dieser Fragenkomplex sowohl in der Arbeitsmedizin als auch in der Landtechnik zu einem zentralen Problem. Von landtechnischer Seite wurde das zwangserregte Schwingungssystem "Fahrbahn - Fahrzeug - Sitz - Mensch" eingehend analysiert. Es wurden die wichtigsten Kenngrößen ermittelt, und es wurde versucht, diese mit dem Menschen und seinen biologischen Funktionen in ihrer Auswirkung in Beziehung zu bringen. Seitens der Industrie wurden auf dieser Grundlage vom technischen Standpunkt aus optimale Sitzsysteme entwickelt, die jedoch den arbeitsmedizinischen Erfordernissen noch nicht voll entsprechen.

Nachdem die Arbeitsmedizin sich anfangs primär mit der Erkennung und der möglichen Vermeidung von Berufskrankheiten sowie der Ursache der Betriebsunfälle beschäftigt hat, tritt nunmehr das Problem des Aufbrauchs, des

Verschleißes, der Erschöpfung und der Voralterung durch die berufliche Tätigkeit in den Vordergrund (Valentin).

Der mit diesem Komplex bisher vorwiegend in Zusammenhang gebrachte Begriff "Zivilisationsschaden" muß nach Valentin näher analysiert werden, um alle exogenen aber auch die endogenen Faktoren zu erfassen, die bei einer bestimmten Arbeit zu Aufbrauch, Verschleiß, Erschöpfung und Voralterung führen.

Im Hinblick auf derartige mögliche berufsspezifische Erscheinungen bei Schlepperfahrern galt es daher, zur Lösung dieses viel diskutierten und noch lange nicht geklärten Problems einen entsprechenden Beitrag auf der Grundlage von umfangreichen Untersuchungen zu liefern.

Diese Arbeit stellt sich die Aufgabe, mögliche Zusammenhänge zwischen den beim Schlepperfahren auftretenden Erschütterungen und vorzeitigen Aufbraucherscheinungen der Wirbelsäule bei Schlepperfahrern abzuleiten. Sie möge zur Bereicherung des Wissensgebietes über Aufbrauch, Verschleiß, Erschöpfung und Voralterung beim arbeitenden Menschen in Abhängigkeit von den Arbeitsmitteln, in diesem Fall vom Schlepper, beitragen. Diese Erkenntnisse sollen optimale Arbeitsbedingungen für den Schlepperfahrer schaffen, damit seine Gesundheit erhalten bleibt und seine Leistungsfähigkeit gefördert werden kann (Weichardt).

B. Fahrzeugschwingungen

1. Technischer Wissensstand

Die fahrzeugtechnische Grundlagenforschung hat sich seit dem Ende des 2. Weltkrieges, bedingt durch die sprunghafte Weiterentwicklung der Automobil- und Flugzeugindustrie und nicht zuletzt der Raumfahrtforschung, intensiv mit den in, an und auf einem Fahrzeug auftretenden und auf das Fahrzeug einwirkenden Schwingungen, Erschütterungen und Vibrationen beschäftigt.

Der vom Verbraucher geforderte Fahrkomfort eines Kraftfahrzeuges beinhaltet neben Geräuschen, Temperatur, Geruch, Belüftung, Sitzform, Farben, Sichtverhältnissen, Anordnung und Betätigungskräften der Bedienungselemente vor allem ein schwingungs- und erschütterungsarmes mechanisches Fahrverhalten (Rademacher und Romacker). Der Fahrkomfort, d. h. das Wohlbefinden des Fahrers trägt maßgeblich neben den Fahreigenschaften des Fahrzeugs zur Fahrsicherheit bei.

In der Schlepper- und Landmaschinenindustrie, dem sehr jungen Sektor der Fahrzeugindustrie, konnte die Forderung nach Fahrkomfort besonders im Hinblick auf ein schwingungs- und erschütterungsarmes Verhalten der Fahrzeuge bisher nur unbefriedigend gelöst werden. Bedingt durch den Verwendungszweck dieser Fahrzeuge können sie mit wenigen Ausnahmen nicht mit Achsfederungen versehen werden. Die Unebenheiten der Fahrbahn wirken sich daher erheblich in Form von Schwingungen und Stößen auf das ganze Fahrzeug aus. Zur Zeit besitzt allein die Bundesrepublik rd. 1.1 Mill. Ackerschlepper und über 100 000 selbstfahrende Mähdrescher (Wendeborn). Hinzu kommen Baumaschinen und Militärfahrzeuge, bei denen teilweise ähnliche Verhältnisse wie beim Ackerschlepper vorliegen.

Die auf ein Kraftfahrzeug einwirkenden Erschütterungen sind in erster Linie durch die Fahrbahn und den Motor bedingt und manifestieren sich als Schwingungen und Stöße verschiedener Intensität. Die durch Beschleunigungs- und Bremsvorgänge und wechselnden Zugwiderstand meist horizontal

auftretenden Schwingungen sind von untergeordneter Bedeutung und stark variabel (Dupuis). Sowohl die Geschwindigkeit als auch der Beladungszustand eines Fahrzeuges variieren. Mit der Tendenz zu höheren Geschwindigkeiten auch bei Ackerschleppern (Rosegger) ist dieser Faktor bei der Beurteilung des Schwingungsverhaltens eines landwirtschaftlichen Fahrzeuges nicht zu unterschätzen. Die Schwingungen eines Fahrzeuges werden mit Ausnahme der durch den Motor bedingten Vibrationen durch die Unebenheiten der Fahrbahn ausgelöst und durch einige Fahrzeuggrößen wie Massen, Federn, Dämpfungen und bestimmte Konstruktionselemente beeinflußt. Den Ausgangspunkt sämtlicher Schwingungsuntersuchungen stellt daher die Unebenheit der Fahrbahn dar, deren Zustand auf Straßen, Feld- und Waldwegen und auf dem Acker sehr uneinheitlich ist.

Um feste Bezugsgrößen für die Untersuchung der bei Ackerschleppern auftretenden Schwingungen zu erhalten und um Vergleichsmessungen durchführen zu können, war es erforderlich, unter Zugrundelegung der in der übrigen Fahrzeugtechnik gewonnenen Erkenntnisse neben den Untersuchungen auf verschiedenen Fahrbahnen und Hindernisbahnen spezielle Prüfstände zu entwickeln. Aufbauend auf den grundlegenden deutschen Arbeiten der Nachkriegsjahre auf rein technischem und auf technisch-physiologischem Gebiet von Mitschke, Dieckmann, Keïdel, Coermann und Krause sind speziell Schwingungserscheinungen an Ackerschleppern und landwirtschaftlichen Fahrzeugen von Haack, Dupuis und Mitarbeitern, Cibrian, Rosegger, Coenenberg, Isendahl, Wendeborn, Kiene, Drechsler, Dilg in Deutschland und im Ausland u. a. von Simons, Fishbein und Salter, Tihelkova, Sulek und Vanek, Freytag, Schachwasjan, Hornick, Morrison und Harrington, Kandaurova, Moschetti, Bjerninger, Matthews und Talamo, Smith und Keegan untersucht worden.

Aus den teilweise sehr detaillierten technischen Einzeluntersuchungen sollen die für die Bearbeitung des Themas erforderlichen Daten zusammengefaßt werden. Dabei muß jedoch erwähnt werden, daß sich die meisten Arbeiten auf die Messung und Bewertung der vertikalen Schwingungen begrenzen, weil einerseits die Einbeziehung der horizontalen Komponente in die Berechnungen

alles kompliziert und weil andererseits die Vertikalschwingungen beim Schlepperfahren überwiegen.

In diesem Zusammenhang müssen bereits hier einige Tatsachen hinsichtlich der Reaktion des Menschen auf Schwingungen verschiedener Intensität, die im nächsten Kapitel ausführlich besprochen werden, erwähnt werden.

Der kritische Resonanzbereich des Menschen gegenüber horizontalen Schwingungen liegt bei etwa 1 - 3 Hz (Dieckmann). Für eine genaue Analyse der Schlepperschwingungen ist aber auch die Berechnung der horizontalen Schwingungen erforderlich, weil eine Analyse der drei Schwingungsrichtungen des menschlichen Körpers - beim aufrecht sitzenden Schlepperfahrer z (Kopf-Gesäß), x (Brust-Rücken), y (Schulter-Schulter) - nur auf dieser Grundlage rechnerisch möglich ist (Dupuis).

Beim Schlepperfahren entstehen vorwiegend niederfrequente vertikale Schwingungen im Bereich von 1 - 6 Hz mit großer Amplitude und hoher Beschleunigung und nur gelegentliche Spitzen bis etwa 15 Hz (Dupuis). Trotzdem werden aber die Schwingungsuntersuchungen in einem Bereich von 1 - 20 Hz durchgeführt, um alle den Menschen beeinflussenden Frequenzen zu erfassen (Kiene). Die für den Menschen kritischen Frequenzen liegen bei 3 - 5 Hz (Eigenfrequenz des gesamten menschlichen Körpers je nach Konstitution und Körperhaltung), bei 20 Hz (Eigenfrequenz des Kopfes) und wahrscheinlich bei 2 Hz, wo eine Resonanzfrequenz des Magens vorliegt (Christ und Dupuis). Frequenzen unter 1.5 Hz können bei weichgefederten Fahrzeugen durch Bodenwellen erzeugt werden und sind die Ursache für den gelegentlich beim Fahren auftretenden vestibulären Schwindel (Dupuis und Christ). Frequenzen über 20 Hz brauchen bei den Untersuchungen im Hinblick auf die Reaktion des Menschen nicht berücksichtigt zu werden, weil die Schwingungsempfindlichkeit des Menschen nach höheren Frequenzen hin abnimmt und weil die Amplituden in diesem Bereich klein sind.

Das Schwingungsverhalten eines Schleppers in seiner Auswirkung auf den Menschen ist primär abhängig vom Schleppersitz.

Sowohl die technischen Grundlagen der beim Schlepperfahren auftretenden Amplituden und Frequenzen als auch die arbeitsphysiologischen Erkenntnisse über das Maximum der Schwingungsempfindlichkeit und damit das Minimum der Schwingungserträglichkeit, das bei der Einwirkung vertikaler Schwingungen etwa bei 5 Hz liegt (Coermann), finden bei der Entwicklung geeigneter Schleppersitze, die gleichzeitig federn und dämpfen sollen, Beachtung. Zwischen schwingendem Fahrzeug und menschlichem Körper ist ein elastisches Polster oder eine Federung oder auch beides eingeschaltet. Die Elastizität wirkt zusammen mit der Masse des menschlichen Körpers als mechanisches Filter, das abhängig von der Dämpfung bei Frequenzen oberhalb seiner Eigenfrequenz Schwingungen mildern kann, aber im Bereich seiner Eigenfrequenzen Schwingungen verstärken kann.

Um alle Schwingungen abzudämmen, müßte die Eigenfrequenz des Sitzsystems möglichst tief unter den überhaupt auftretenden Frequenzen liegen, was aber wegen der im Bereich um 1 Hz auftretenden sehr großen Schwingbeschleunigungen eine extrem weiche Sitzfederung bedingen würde, durch die wiederum die Relativbewegungen des Körpers zum Fahrzeug zu groß werden. Ein Kompromiß zwischen Weichheit und maximaler Amplitude des Sitzes ist daher nicht zu vermeiden.

Aus diesen Überlegungen resultiert dann meist ein Sitz mit einer Eigenfrequenz um 2 - 3 Hz, wodurch die hohen Beschleunigungen der tiefen Frequenzen noch verstärkt werden (Coermann). Fast alle Schlepperfahrersitze sind auf das Abfangen und Dämpfen vertikaler Schwingungen ausgerichtet. Daher können bei den modernen Schleppersitzen die Horizontalschwingungen relativ stark in Erscheinung treten (Dupuis). So wurde beispielsweise festgestellt, daß die vom Motor ausgehenden horizontalen Schwingungen beim Fahren die gleiche Intensität wie im Leerlauf aufweisen (Wachtel).

Interessant ist in diesem Zusammenhang der in den USA entwickelte Schwebesitz, der serienmäßig bereits in Lastkraftwagen eingebaut ist. Es ist die bisher günstigste Form der Abstimmung der Fahrzeugschwingungen, des Widerstandsvermögens des Menschen gegen diese Schwingungen und der

Schwingungsdämpfung (Radke und Simons). Der Schwebesitz hat die Aufgabe, die Schwingungsreaktion des Fahrers unabhängig von der Intensität der Fahrzeugerschütterungen auf einem bestimmten Niveau zu halten.

Spezielle Schwingungsmessungen an verschiedenen bei uns üblichen Schleppersitzen haben ergeben, daß die beim Schlepperfahren plötzlich auftretenden durch die Art der Fahrbahn bedingten Stöße im Augenblick des Einsetzens weder von den Reifen noch von den Federungselementen des Sitzes aufgenommen werden. Die Stoßenergie überträgt sich als Beschleunigung fast ganz auf den Fahrer und wirft ihn hoch. Bei wenig gedämpften Sitzen verleiht die Federenergie dem Körper nach dem Aufprall wiederum eine Beschleunigung, die ein erneutes Hochwerfen des Körpers auslösen kann. Bei stark gedämpften Sitzen wird der Aufprall zu einem großen Teil von den Dämpfungselementen aufgenommen. Es ist aber eine gewisse Zeit erforderlich, um den Sitz auf die gleiche Geschwindigkeit wie den Körper zu bringen. Während dieser Zeit sind die Federungs- und Dämpfungselemente des Sitzes selbst noch nicht wirksam (Isendahl). Diese Stoß- und Wurfbewegungen sind es vor allem, die den Schlepperfahrer bei seiner Arbeit am meisten anstrengen.

Weiter konnte festgestellt werden, daß kontinuierliche Erschütterungen, auch wenn sie relativ hohe Stoßamplituden haben, für den Menschen weniger belästigend sein können als Stöße mit der gleich hohen Amplitude, die nur in gelegentlichen unregelmäßigen Zeitabständen auftreten (Coermann). Eine gewisse Gewöhnung des Menschen an gleichmäßig auftretende Stoßamplituden muß daher bei der sogenannten "Wahrnehmung", das ist das subjektive Empfinden des Schlepperfahrers, auf das bei den Untersuchungen und Befragungen nicht verzichtet werden kann (Müller), in Rechnung gestellt werden. Alle Untersuchungen an Schleppersitzen zeigen, daß die Wechselwirkung zwischen dem Menschen und der Maschine einen entscheidenden Einfluß hat. Mit der Messung mechanischer Größen an der Maschine oder am Körper allein kann keine sichere Aussage gemacht werden (Isendahl).

Neben den Bemühungen, den Schleppersitz zu dämpfen und abzufedern, spielt die Form des Schleppersitzes eine nicht zu unterschätzende Rolle. Die Sitzform muß so gestaltet sein, daß sich die Wirbelsäule in einer physiologischen Ruhehaltung befindet. Sie darf beim Fahren nicht zu ständigen Ausgleichs- und Korrekturbewegungen gezwungen werden (Thomsen), (Abb. 1, 2, 3).

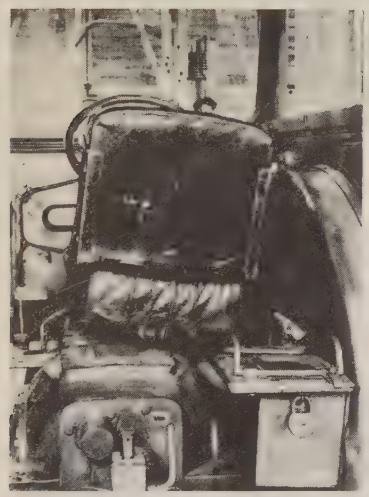

Abb. 1: Polsterfedersitz mit schlechter Sitz- und Federungsgüte

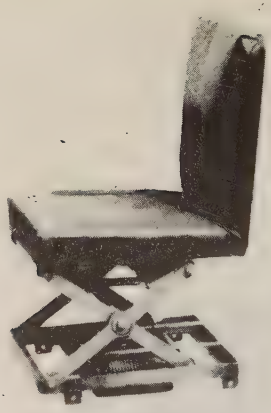

Abb. 2: Polsterfedersitz mit hoher Eigenschwingung und großen horizontalen Pendelbewegungen

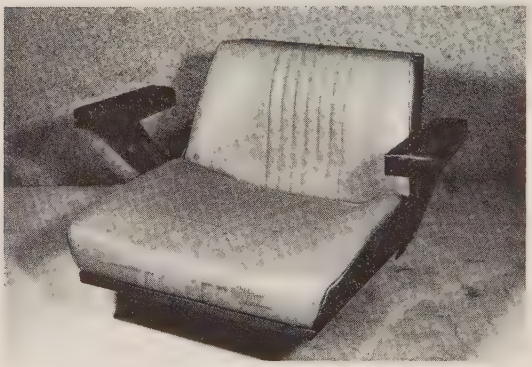

Abb. 3: Z. Zt. optimal ausgelegter Sesselsitz mit Paralellogramm-Kreisbogenführung und mit verstellbaren Armlehnen

Umfangreiche Röntgenuntersuchungen auf verschiedenen Sitzformen sowie die Berücksichtigung gewisser biologischer und physiologischer Gesetzmäßigkeiten (Schneider und Becker) haben zu bestimmten Forderungen geführt, die hier nur kurz erwähnt werden sollen (Abb. 4). Hierzu gehören u. a. Verstellbarkeit der Sitzhöhe und der Sitzneigung sowie eine den anatomischen Gegebenheiten angepaßte Sitzfläche, die verständlicherweise niemals die Idealform für alle Fahrer darstellen kann. Die Sitzlehne soll eine entlastende Lordosestellung gewährleisten (Wagner). Untersuchungen der auf den Menschen einwirkenden Erschütterungen bei verschiedenen Anstellwinkeln der Rückenlehne haben bei Verwendung ungepolsterter Sitze gezeigt, daß der Anstellwinkel nur geringen Einfluß auf die Impedanz hat. Die Kopf- und Schulteramplituden sinken erst bei Winkeln unter 90 Grad und über 120 Grad ab, was aber bei der für das Fahren erforderlichen aufrechten Körperhaltung nicht für die Fahrersitzkonstruktion verwertbar ist (Coermann und Okada).

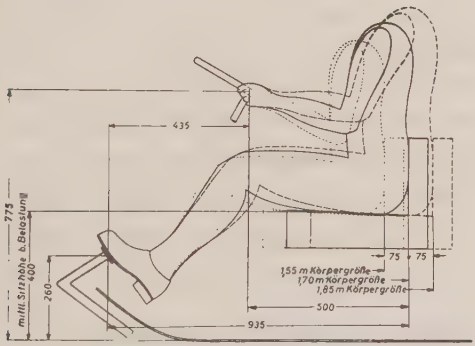

Abb. 4: Der Sitz in der Zuordnung zu den Bedienteilen; der Verstellbereich zum Ausgleich verschiedener Körpergrößen (nach Dupuis)

Trotz intensiver Zusammenarbeit auf diesem Gebiet zwischen Orthopäden, Physiologen und Ingenieuren konnte eine in allen Details befriedigende Lösung für die Auslegung des Fahrersitzes nicht gefunden werden.

2. Arbeitsphysiologischer Wissensstand

a) anatomische und physiologische Vorbemerkungen

Das schwingungsmechanische Verhalten der Wirbelsäule stellt die Grundlage dar für die Stärke, mit der sich die vom Schlepper aus einwirkenden Erschütterungen auf den Gesamtkörper auswirken. Das Becken nimmt die Schwingungen auf und überträgt sie über das Kreuzbein auf die Wirbelsäule und die übrigen Teile des menschlichen Körpers. Die über das Lenkrad und die Bedienungshebel oder bei seitlichem Abstützen auf den menschlichen Körper einwirkenden Erschütterungen sind von untergeordneter Bedeutung. Man kann die menschliche Wirbelsäule mit einer Gliederkette, einem beweglichen Stab oder einer leicht gebogenen Feder gleichsetzen (Brocher).

Nach Erdmann wird der mechanische Zusammenhalt der Wirbelsäule durch distrahierende und kontrahierende Kräfte gewährleistet, den sogenannten disco-ligamentären Spannungsausgleich, welcher die Wirbelsäule zu einem halbstarren Organ macht.

Mittels den durch die aufrechte Körperhaltung bedingten natürlichen Krümmungen bzw. Biegungen ist die Wirbelsäule in der Lage, Erschütterungen und Belastungen aufzufangen und auszugleichen. Die mehr oder weniger starke Beweglichkeit der 24 Wirbelkörper ist gegeben durch die Disci intervertebrales und teilweise durch kleine Gelenke.

Die Disci intervertebrales bestehen aus den knorpligen Deckplatten, dem gallertartigen Nucleus pulposus und dem Anulus fibrosus. An den knorpligen Deckplatten befinden sich einige entwicklungsgeschichtlich bedingte Stellen mit verminderter Widerstandskraft. Der Ausdehnungsdruck des Nucleus pulposus ist durch die aufrechte Körperhaltung und die Belastungen des täglichen Lebens in der Lage, an diesen widerstandsschwachen Stellen

der knorpligen Deckplatten und am Anulus fibrosus Einrisse hervorzurufen. Sekundär kann dann in diese Einrisse Gallertgewebe eindringen. Diese "Discushernien" können zu unterschiedlicher Höhe innerhalb eines oder mehrerer Zwischenwirbelräume führen. Aus diesen Höhenunterschieden wiederum resultieren Fehlbelastungen, als deren Folgen besonders Versteifungen und Verkrümmungen erwähnt werden sollen. Diese genannten Veränderungen stellen Aufbraucherscheinungen der Wirbelsäule dar, die mit zunehmendem Alter physiologisch sind. Aus den Untersuchungen von Schmorl und Junghanns können wir entnehmen, daß in einem Alter von 25 Jahren bereits bei 25 % der Bevölkerung Aufbraucherscheinungen der Wirbelsäule nachweisbar sind und bei 55 % der Vierzigjährigen.

Neben einer entwicklungsgeschichtlich bedingten konstitutionellen Veranlagung stellt die vom 3. und 4. Lebensjahrzehnt unaufhaltsam fortschreitende Minderung der Beweglichkeit und der mit Wasserverlust einhergehenden Elastizität der einzelnen Wirbelsäulensegmente den nach Bürger sogenannten "endogenen Faktor" dar (Rösler und Schmeiser). Die funktionsmechanische Überbeanspruchung bestimmter Bewegungssegmente kann diesen Vorgang jedoch erheblich beschleunigen (Bürger).

In diesem Zusammenhang sind besonders berufliche und sportliche Überbelastungen zu nennen, die auf Grund ihrer Spezifität besondere Ansprüche an die Dämpfungs- und Biegungselemente der Wirbelsäule stellen, die als Makro- und Mikrotraumen meist in der Längsachse die Wirbelsäule rüttelnd und schüttelnd treffen (Schmorl).

b) Verhalten der Wirbelsäule unter Schwingungseinfluß

Tritt beim sitzenden Menschen eine dynamische Belastung, d. h. eine Schwingung mit einer bestimmten Frequenz, in Richtung der Wirbelsäulenachse (Gesäß-Kopf) auf, so reagieren die einzelnen Abschnitte im wesentlichen mit der gleichen Frequenz, jedoch mit unterschiedlicher Amplitude (Dieckmann). Das dynamische Verhalten des menschlichen Körpers ist weitestgehend von der Körperhaltung und der Muskelspannung abhängig (Coermann). Die Elastizität der Wirbelsäule, maßgeblich bedingt durch die zwischengelagerten

Bandscheiben, steht in direktem Zusammenhang mit dem Tonus der langen Rückenmuskulatur. Ein großer Teil der statischen und dynamischen Kräfte kann von einer kräftigen Rückenmuskulatur aufgenommen werden. Dadurch können die Verformungen der Bandscheiben unter der Belastung erheblich eingeschränkt werden (Krause). Es kann jedoch auch der Fall eintreten, daß die Erschütterungen, wenn ihre Frequenz nicht zu hoch ist, selbst Muskelspannungen hervorrufen, die zu einer Versteifung des Körpers führen (Coermann). Da jedoch auf jeden Anspannungszustand nach der Physiologie der Ermüdung eine Entspannung folgen muß, treffen die beim Fahren auftretenden Erschütterungen und Stöße auf einen muskelentspannten Körper. In dieser Phase treten völlig unterschiedlich hohe Amplituden und Reaktionen des Körpers auf.

Es konnte nachgewiesen werden, daß die Lendenwirbelsäule durch Vertikalschwingungen besonders stark beansprucht wird. Die größte Bandscheibenverformung sowie die höchsten Vertikalschwingungen wurden für die Lendenwirbelkörper (LWK) 3 und 4 registriert (Krause). Amerikanische Autoren konnten nachweisen, daß bereits beim sitzenden Menschen (ohne Schwingungsbelastung) der Druck innerhalb der Bandscheibe zwischen LWK 3 und LWK 4 um 50 % höher ist als beim stehenden Menschen (Nachemson und Morris).

Bei Selbstversuchen konnten Christ und Dupuis nachweisen, daß bei Frequenzen bis zu 4,5 Hz die Vertikalverschiebung von LWK 4 bis BWK (Brustwirbelkörper) 12 hin ansteigt. Bis zu 7,5 bis 8 Hz führt LWK 2 die geringsten und LWK 4 die größten Schwingungswege aus. Erst bei Frequenzen über 7,5 - 8 Hz ist der BWK 12 wieder am stärksten belastet. Trotz der rein vertikalen Erregung treten außerdem Verschiebungen in horizontaler Richtung auf. Hier zeigt LWK 4 die stärksten Verschiebungen und BWK 12 die geringsten. Neben den horizontalen und vertikalen Verschiebungen treten Biegewinkel (Winkeländerungen der Wirbelkörper in der sagittalen Ebene) auf, die ihren größten Ausschlag bei BWK 12 haben. Diese experimentellen Untersuchungen durch Einpflanzung von Drahtstiften in die Dornfortsätze LWK 4 bis BWK 12 untermauern die Untersuchungsmethoden auf statistischer Basis, zu denen u. a. Befragungen und Reihenuntersuchungen

zählen. Andere experimentelle Untersuchungen mit Hilfe von Spezialmeßeinrichtungen auf der Grundlage von Dehnungsmeßstreifen (Krause) im Bereich der Lendenwirbelsäule ergaben bei der Beurteilung der Biege-, Torsions- und Longitudinalschwingungen die größte Beanspruchung im Bereich LWK 3 und LWK 4. Auf ähnlicher Grundlage mit Aluminium-Kapseln und Quecksilber gefülltem Latexschlauch wurden die Relativbewegungen zweier benachbarter Wirbelkörper im Bereich LWK 4/5 und LWK 3/4 gemessen, um hieraus Erkenntnisse über das dynamische Verhalten der Zwischenwirbelscheiben unter Schwingungsbelastung zu gewinnen (Coermann).

Röntgenkinematographische Studien über das Verhalten der Hals-und Lendenwirbelsäule unter dem Einfluß von vertikalen Schwingungen mit einer Frequenz von 2 Hz zeigten, daß im Hinblick auf die senkrechte Verschiebung eines Wirbelkörpers eine eindeutige Abhängigkeit von der spezifischen Eigenart des Schleppersitzes besteht. Die Lendenwirbelsäule zeigte bei einseitiger Beanspruchung, wie sie beispielsweise bei Hangfahrten auftritt, oder bei Fahrten in der Pflugfurche, falls sich der Sitz nicht horizontal einstellen läßt, eine besondere Belastung (Dupuis und Christ).

Die auf verschiedenen Versuchsständen und in Einsatzversuchen ermittelten kritischen Frequenzen des menschlichen Körpers werden übereinstimmend mit 3 - 5 Hz (Eigenfrequenz des menschlichen Körpers), 20 Hz (Eigenfrequenz des Kopfes) und 2 Hz (mögliche Eigenfrequenz des Magens) angegeben.

Um über die kritische Belastung des Menschen durch eine bestimmte Schwingungsfrequenz eine sichere Aussage machen zu können, sind neben den Messungen der Schwingamplituden an verschiedenen Körperteilen physiologische Untersuchungen erforderlich. Im Rahmen dieser Arbeit sollen jedoch die vielseitigen physiologischen Untersuchungsmethoden nur gestreift werden.

Der Stoffwechselverbrauch eines Menschen bei bestimmten Arbeiten gibt die sichersten Ergebnisse über das Ausmaß der körperlichen Belastung, sofern man den Grundumsatz und die vegetative Reaktionslage des Probanden kennt.

Energieverbrauchsmessungen bei Schlepperfahrern sind von Dupuis, Preuschen und Schulte durchgeführt worden. Auf der Grundlage dieser Untersuchungen konnte festgestellt werden, daß Straßen- und Feldwegfahrten und ganz besonders die Ladearbeiten mit dem Frontlader eine wesentlich größere Belastung für den Schlepperfahrer darstellen als Bestellungs- und Pflegearbeiten auf dem Acker.

Als Ergänzungsuntersuchungen, die allerdings nur indirekte Meßgrößen für eine körperliche Belastung liefern und keine quantitative Abschätzung erlauben, sollen Veränderungen des Hautwiderstandes und der Hautkapazität (Dieckmann) und der Pulsfrequenz durch Registrierung der Fingerpulsmethode und die Vergleichsbestimmung der eosinophilen Leukocyten bei Schlepperfahrern erwähnt werden (Coermann, Okada, Frieling). Diese genannten vegetativen Reaktionen werden auch als Maß für physische und psychische Belastungen in der Flug- und Raumfahrtmedizin sowie bei Untersuchungen der Lärmeinwirkung herangezogen (Lehmann und Jansen). Auch Messungen des Blutdrucks, der Vitalkapazität, der Muskelkraft und der Herzfunktion mittels erschütterungsfrei arbeitender Elektrocardiographen können Aussagen über die körperliche Belastung machen.

Entscheidend ist bei den auf die Wirbelsäule einwirkenden Schwingungen nicht nur die Intensität, sondern vor allen Dingen die Zeitdauer. Der Bandscheibenapparat gemeinsam mit der Muskulatur unterliegt den Gesetzen der Ermüdung. Die beim Schlepperfahren pausenlos auf die Wirbelsäule einwirkenden Erschütterungen und Stöße lassen das Gewebe in seiner Funktion ermüden und setzen damit die Widerstandskraft herab, falls keine ausreichende Erholungsmöglichkeit gegeben ist. In diesem Zustand treten stärkere Verformungen der Bandscheiben auf, und die vegetative Reaktionslage des gesamten Körpers ändert sich.

Entscheidend für die Beurteilung ist weiter die Auswertung der subjektiven Schwingungswahrnehmung und -empfindung, der sogenannten Erträglichkeit (Krause), die verständlicherweise individuelle Unterschiede aufweist, auf die

aber nicht verzichtet werden kann. Die bisherigen Erkenntnisse wurden überwiegend im Laborversuch, in denen mit bestimmten Frequenzen und bei relativ kurzer Zeitdauer gearbeitet wurde, gewonnen. Das Hauptproblem der Bewertung von Schwingungen im Hinblick auf die Belastung des Menschen liegt jedoch weniger bei der eigentlichen Schwingungsmessung und bei der Bewertung der Amplituden, sondern bei der praktisch unendlichen Vielfalt der Schwingungserscheinungen im zeitlichen Ablauf einer Fahrt oder eines Arbeitsganges auf dem Acker, wo diskontinuierliche Schwingungen und auch kurze schwingungsfreie Zeitabschnitte in völlig ungleichmäßigem Rhythmus wechseln und durch gelegentliche starke Stöße mit hohen Frequenzen unterbrochen werden (Dieckmann).

C. Untersuchungsgut und Untersuchungsmethodik

Aus den Erkenntnissen über die Physiologie der Wirbelsäule und über ihr Verhalten unter Schwingungsbelastung und aus den zahlreichen technischen und physiologischen Einzeluntersuchungen ergibt sich die Aufgabenstellung des Themas. Es soll festgestellt werden, ob durch die ständigen Erschütterungen nachweisbare Dauerschäden beim Schlepperfahrer auftreten können, d. h. in diesem Fall, ob die vom mittleren Lebensalter an physiologisch vorhandenen Aufbraucherscheinungen der Wirbelsäule in Abhängigkeit von der Tätigkeit als Schlepperfahrer vorzeitig auftreten.

Die für diese Untersuchungen erforderlichen technischen Voraussetzungen und die Tatsache, daß es wenig Menschen in der Landwirtschaft gibt, die über längere Zeit ausschließlich als Schlepperfahrer arbeiten und gleichzeitig lokal in größerer Zahl erfaßt werden können, ließen eine sichere Aussage bisher über diese Frage nicht zu.

Die vorliegenden Untersuchungen wurden bei Versuchspersonen durchgeführt, die jahrelang ausschließlich als Schlepperfahrer gearbeitet und während der Untersuchungen weiter ständig als Schlepperfahrer tätig waren. Die Schlepperfahrer benutzten wechselweise, je nach Art der anfallenden Arbeiten, Rad- oder Kettenschlepper von 15 - 62 PS. Bei den Sitzen handelte es sich vorwiegend um Blattfedersitze mit Blechsitzschalen neben gefederten Banksitzen, die meist vom Schlepperfahrer selbst mit einem Sitzkissen belegt waren. Es waren also Schlepper mit schlechten Sitzausführungen.

Auf dieser Grundlage konnten 330 Schlepperfahrer untersucht werden. Bei allen wurden die Brust- und Lendenwirbelsäule (BWS u. LWS) in 2 Ebenen geröntgt sowie die Halswirbelsäule (HWS) noch zusätzlich in Schrägstellung, um evtl. Einengungen der Foramina intervertebralia erkennen zu können.

Die Auswertung der Röntgenfilme wurde gemeinsam mit dem früheren Chefarzt der Röntgen-Abteilung der Akademie für Sozialhygiene, Arbeitshygiene und Ärztliche Fortbildung, Berlin-Lichtenberg, jetzt Düsseldorf, Dr. med. G. Schröder, vorgenommen.

Die Röntgenfilme, bei denen das Urteil "noch keine groben Veränderungen" lautete, wurden in die Gruppe der normalen Röntgenbefunde einbezogen. Hierzu gehören auch haltungsbedingte Skoliosen und Steilhaltungen, obgleich man hier bereits die ersten Anfänge beginnender Veränderungen sehen kann (Kamjeth, Franke, Albrecht).

Man kann grundsätzlich, von der Funktion her gesehen, die Brust- und Lendenwirbelsäule nicht voneinander trennen, weil sich die röntgenologisch sichtbaren Aufbraucherscheinungen oft am Übergang von der BWS zur LWS abspielen. Aus diesem Grund werden diese beiden Teilabschnitte der Wirbelsäule gemeinsam untersucht.

Nach der Auswertung aller Röntgenbefunde schien im Rahmen der Themenstellung eine Einteilung der pathologischen Röntgenbefunde der BWS und LWS nach folgenden Gesichtspunkten sinnvoll:

beginnende Adolescentenkyphose

Die Kyphose ist noch nicht ausgeprägt; eindeutige Osteochondrosis ist nachweisbar, teilweise bereits mit beginnender Spondylosis deformans. Die ventrale Abflachung eines oder mehrerer Wirbelkörper ist im Beginn erkennbar, Schmorl'sche Knötchen der BWS können vorhanden sein. (siehe S. 53 , Abschnitt G)

ausgeprägte Adolescentenkyphose (Morbus Scheuermann)

Hier ist die Kyphose oder Kyphoskoliose ausgeprägt, deutliche Osteochondrosis, teilweise mit Spondylosis deformans, eindeutige ventrale Abflachung einiger Wirbelkörper, typische Keilwirbelbildung (siehe S. 53 , Abschnitt G)

sonstige Aufbraucherscheinungen und Veränderungen

Zu dieser Gruppe zählen die lokalisierte Osteochondrosis der BWS und LWS, Spondylosis deformans verschiedenen Ausmaßes der BWS und LWS, Wirbelkörperverschiebungen, Veränderungen der kleinen Wirbelgelenke, Schmorl'sche Knötchen im Bereich der LWS, Osteochondrosis mehrerer Wirbelabschnitte im Bereich der LWS. (siehe S. 53 , Abschnitt G)

Die Befunde der LWS sind nur unter dem letztgenannten Punkt zu finden, während die Befunde der BWS in allen Gruppen auftreten können. Die Fälle, bei denen sowohl die BWS als auch die LWS befallen sind, werden nur einmal erfaßt, und zwar nur in der letztgenannten Gruppe.

Mit dieser Einteilung erscheint es möglich, besonders strenge Maßstäbe an die ersten beiden Gruppen anzulegen, weil diese Gruppen für die Beantwortung der Frage, ob der sich in der Entwicklung befindliche Mensch besonders gefährdet ist, wichtig sind.

Die gewonnenen Untersuchungsergebnisse werden zu verschiedenen endo- und exogenen Faktoren in Beziehung gebracht. Bei der Untersuchung der einzelnen Altersgruppen wird die Altersgruppe 2 (21 - 30 J.) noch einmal unterteilt in die Abschnitte 21 - 25 J. und 26 - 30 J., weil sich in dieser Altersgruppe der überwiegende Teil der Schlepperfahrer befindet und weil die Brustwirbelsäule durchaus erst bis zum 25. Lebensjahr ihre Entwicklung beenden kann.

Mit Hilfe ausführlicher Anamnesen wird versucht, gewisse Beziehungen zwischen einer über das übliche Maß hinausgehenden körperlichen Belastung während der Schuljahre und in den Entwicklungsjahren (vom 14. - 20. Lebensjahr) zu finden. Bei der Untersuchung über die vorangegangenen körperlichen Belastungen in den Entwicklungsjahren interessiert besonders, ob die Schlepperfahrer länger oder kürzer als die Hälfte der Gesamtzeit bereits als Schlepperfahrer tätig gewesen sind, ob sie in dieser Zeit überwiegend durch andere schwere körperliche Arbeiten, z. B. als Schmied, Landarbeiter, Lastenträger, Bergmann unter Tage, Tiefbauarbeiter belastet waren oder ob die körperliche Belastung in diesem Zeitabschnitt nicht außergewöhnlich schwer war.

Bei der Beurteilung der Befunde in Zusammenhang mit der Anzahl der Arbeitsjahre als Schlepperfahrer muß besonders berücksichtigt werden, daß die untersuchten Schlepperfahrer obligatorisch einen Arbeitstag von 8 - 10 Stunden haben. Auch 11, 12 bis 16 Stunden sind keine Seltenheit. Nur mit Ausnahme irgendwelcher Reparaturarbeiten und zum Teil während der Frostperiode sind sie nicht als Schlepperfahrer eingesetzt.

Es ist bekannt, daß eine gesunde sportliche Betätigung einen gesunden Ausgleich gegenüber beruflich bedingten Zwangshaltungen darstellt. Daher wird auch dieser Faktor in die Untersuchungen mit aufgenommen.

Weiter sollen die Untersuchungen zeigen, ob ein bestimmter Konstitutionstyp gegenüber vorzeitig eintretenden Aufbraucherscheinungen besonders disponiert ist.

Um ein Bild über die möglichen Ermüdungserscheinungen der Schlepperfahrer zu erhalten, aus denen Rückschlüsse auf die Ermüdung der Bandscheiben gezogen werden können, waren umfangreiche Untersuchungen im Laborversuch und am Arbeitsplatz auf dem Feld erforderlich.

Der Laborversuch vor Beginn der Arbeit sollte die Ausgangsposition für jeden einzelnen festlegen. Besonders sollten individuelle Gegebenheiten, wie vegetative Labilität, Hyperthyreose, Hyper- und Hyptonie sowie besonders Herz und Kreislauf betreffende Abweichungen vom Normalen bei der Auswertung der Untersuchungsergebnisse am Arbeitsplatz entsprechend berücksichtigt werden.

Auf dieser Grundlage konnten 290 Untersuchungen durchgeführt werden. Sowohl im Laborversuch als auch am Arbeitsplatz wurden folgende Messungen vorgenommen, teils direkt bei der Arbeit, teils unmittelbar im Anschluß an die Arbeit: Pulsfrequenz, Blutdruck, Vitalkapazität, Extremitäten-EKG, Fahrradergometertest. Im Laborversuch wurde zusätzlich noch der Schellongtest durchgeführt, der durch die Messung der Vitalkapazität und den Fahrradergometertest mit Extremitäten-EKG erweitert worden ist. Energieverbrauchsmessungen konnten aus technischen Gründen nicht durchgeführt werden. Im Hinblick auf die vielseitigen übrigen Untersuchungsergebnisse schienen sie nicht unbedingt erforderlich, zumal zwischen dem 18. und 25. Lebensjahr, in dem sich der größte Teil der untersuchten Schlepperfahrer befindet, das Vegetativum durch andere äußere Reize stark beeinflußbar ist und daher die Menge der verbrauchten Energie nicht unbedingt mit der geleisteten körperlichen Arbeit übereinstimmt und nicht sicher den Ermüdungsgrad anzeigt (Quaas).

Beispielsweise war bei der Arbeit am Steilhang mit selbstfahrenden Heuerntemaschinen durch die starke psychische Belastung der Fahrer die Pulsfrequenz wesentlich stärker erhöht als der Energieverbrauch. Für die Bewertung der körperlichen Belastung ist die Energieverbrauchsmessung allein daher in solchen Fällen nicht ausreichend (Kaven).

Bei der Analyse der Ergebnisse, die Aufschluß über den Ermüdungszustand des Schlepperfahrers geben sollen, spielen die Dauer der vorangegangenen Arbeitszeit sowie evtl. zwischendurch eingelegte Pausen eine wichtige Rolle. Auch diese Momente werden bei den Überlegungen berücksichtigt.

D. Untersuchungsergebnisse

Bei der Auswertung der Röntgenbefunde und der Anamnesen von 330 Schlepperfahrern stellte sich heraus, daß bei sieben Schlepperfahrern die pathologischen Röntgenbefunde ursächlich im Zusammenhang mit eindeutigen Traumafolgen und angeborenen Mißbildungen stehen. Ferner ergab die Anamnese elf junger Schlepperfahrer, daß sie bis zum Zeitpunkt der Untersuchung in der Hauptsache mit Reparaturarbeiten beschäftigt waren und kaum hintereinander für mehrere Stunden als Fahrer tätig waren. Die Röntgenbilder der Wirbelsäule dieser Gruppe zeigten normale Verhältnisse.

Um das Gesamtbild nicht durch diese zusätzlichen Faktoren zu überlagern, sind diese achtzehn Personen nicht in die Auswertung mit einbezogen worden. Die Ergebnisse beziehen sich im Folgenden grundsätzlich auf die Anzahl von 312 Schlepperfahrern.

Das mittlere Lebensalter dieser 312 Schlepperfahrer beträgt 26 Jahre. In die einzelnen Altersgruppen aufgeteilt, ergibt sich folgendes Bild:

Altersgruppe 1 (bis 20 J.): 74
Altersgruppe 2 (bis 30 J.): 183
davon bis 25 J.: 128
bis 30 J.: 55
Altersgruppe 3 (bis 40 J.): 35
Altersgruppe 4 (älter als 40 J.): 20

Auf eine nochmalige Unterteilung der Gruppe der über 40jährigen wird verzichtet, weil einmal die Zahl zu klein ist, um Aussagen machen zu können und weil zum anderen ohnedies in diesem Alter die Aufbraucherscheinungen an der Wirbelsäule nichts Außergewöhnliches darstellen.

Bei den 312 Schlepperfahrern ist bei den Röntgenbildern der Halswirbelsäule 59 mal ein pathologischer Befund zu erheben und bei 253 Schlepperfahrern bestehen in allem normale Verhältnisse. Die prozentuale Berechnung gibt demnach:

HWS röntgenologisch o. B.: 235 = 84 %
HWS röntgenologisch m. B.: 59 = 16 %

Von den 59 pathologischen HWS-Röntgen-Befunden befinden sich in

Altersgruppe 1: 5
Altersgruppe 2: 26
Altersgruppe 3: 12
Altersgruppe 4: 16

Bezogen auf die untersuchte Gesamtzahl der Schlepperfahrer ergibt sich ein pathologischer HWS-Röntgenbefund in den verschiedenen Altersgruppen nach prozentualer Berechnung mit folgenden Werten:

Altersgruppe 1: rund 7 %
Altersgruppe 2: rund 15 %
Altersgruppe 3: rund 35 %
Altersgruppe 4: rund 80 %

Zieht man hier in der Literatur beschriebene röntgenologisch nachweisbare HWS-Veränderungen bei der normalen Bevölkerung in den einzelnen Altersgruppen zum Vergleich heran, so erhält man in Prozenten folgende Zahlen (zitiert nach Rösler, Schmeiser und Tepe):

Autor	Altersgruppe			
	1	2	3	4
Süße	-	3	25	56
Kuhlendahl	-	3	12	59
Junge	10	10	34	66
Schlomka	3	7	22	69

Aus dieser Gegenüberstellung ist zu ersehen, daß sich die Aufbraucherscheinungen der Halswirbelsäule bei Schlepperfahrern etwa im Rahmen der üblichen Befunde bei der Durchschnittsbevölkerung bewegen. Die Altersgruppe 2 zeigt zwar etwas höhere Werte, jedoch ist die Gesamtzahl dieser Befunde zu klein, um entsprechend bewertet zu werden.

Die Brust- und Lendenwirbelsäule zeigte bei

89 = 29 % röntgenologisch keinen krankhaften Befund und bei

223 = 71 % deutliche Aufbraucherscheinungen.

Bei 114 Schlepperfahrern ist nur die BWS befallen, bei

18 Schlepperfahrern ist nur die LWS und bei

91 Schlepperfahrern sind BWS und LWS befallen.

Der besseren Übersicht wegen werden bei den folgenden Zahlenaufstellungen Abkürzungen für die 3 Gruppen, in welche die pathologischen Röntgenbefunde der BWS und LWS eingeteilt worden sind, benutzt und zwar

B_1 beginnende Adolescentenkyphose,

B_2 ausgeprägte Adolescentenkyphose (Morbus Scheuermann),

B_3 sonstige Aufbraucherscheinungen und Veränderungen.

Die 223 pathologischen BWS- und LWS-Röntgenbefunde verteilen sich auf diese Gruppen wie folgt:

B_1 : 84)
B_2 : 60) 223
B_3 : 79)

Erwähnenswert ist in diesem Zusammenhang noch die Tatsache, daß nur 68 Schlepperfahrer subjektive Beschwerden haben; 5 hatten sie schon, bevor sie als Schlepperfahrer gearbeitet haben, 63 haben sie erst später nach einer längeren Beschäftigungszeit als Schlepperfahrer erstmalig verspürt.

Aus der Zusammenstellung nach den einzelnen Altersgruppen (Abb. 5) ist ersichtlich, daß die mit der höchsten Anzahl der Schlepperfahrer versehene Altersgruppe 2 bereits um 2 % über dem an sich schon sehr hohen Gesamtdurchschnittswert an nachweisbaren Aufbraucherscheinungen liegt.

Altersgruppe	Anzahl der Schlepperf.	röntgen. o.B.	röntgen. m.B.	B_1	B_2	B_3
1 (- 20 J.)	74	32=43 %	42=57 %	27	13	2
2 (- 30 J.)	183	49=27 %	134=73 %	57	37	40
3 (- 40 J.)	35	5=14 %	30=86 %	ø	7	23
4 (älter als 40 J.)	20	3=15 %	17=85 %	ø	3	14
	312	89=29 %	223=71 %	84	60	79

Die noch einmal unterteilte Altersgruppe 2 zeigt folgendes Bild:

Altersgruppe	Anzahl der Schlepperf.	röntgen. o. B.	röntgen. m. B.	B_1	B_2	B_3
- 25 J.	128	38	90	54	23	13
- 30 J.	55	11	44	∅	14	30

Bei dieser Unterteilung wird deutlich, daß offenbar in den Jahren, in denen die Wirbelsäule ihre Entwicklung noch nicht beendet hat, vor allen Dingen Veränderungen der BWS auftreten. Bei 86 % der pathologischen Röntgenbefunde in der Gruppe bis zu 25 Jahren finden sich Veränderungen der Gruppen B_1 und B_2, bei der Altersgruppe 1 sind es sogar 95 %. In der Altersgruppe 3 finden wir nur 23 % und in der Altersgruppe 4 18 %.

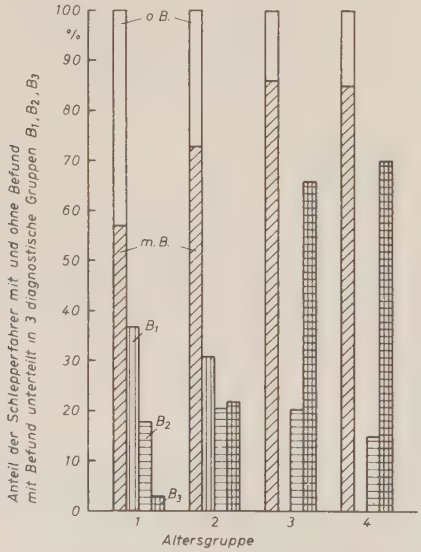

Abb. 5: Wirbelsäulen-Röntgenbefunde bei Schlepperfahrern verschiedener Altersgruppen

Aus der graphischen Darstellung ist ersichtlich, daß die Altersgruppen 3 und 4 einen fast gleichen Anteil an pathologischen Wirbelsäulen-Röntgenbefunden aufweisen. Es ist hierbei zu berücksichtigen, daß in einem Alter von 40 Jahren und darüber bereits nach Schmorl und Junghanns bei über 75 % der Bevölkerung Aufbraucherscheinungen nachweisbar sind. Interessant sind daher für die Auswertung nur die Altersgruppen 1, 2 und 3, deren pathologische Röntgenbefunde mit 57 %, 73 % und 86 % weit über den von Schmorl und Junghanns erarbeiteten Werten liegen.

Um etwas über die mögliche Abhängigkeit der Aufbraucherscheinungen der Wirbelsäule vom Schlepperfahren aussagen zu können, mußte die Anamnese mit besonderer Gründlichkeit evtl. körperliche Belastungen erfassen, die während der Schuljahre bei dem Einzelnen die Entwicklung der Wirbelsäule beeinflußt haben könnten. (Abb. 6)

Bekanntlich wird der Grundstein für die Adolescentenkyphose bereits in der Kindheit und in den Entwicklungsjahren gelegt. In diesem Zusammenhang wurden Arbeiten, wie gelegentlich oder häufiger sich wiederholende Mitarbeit im landwirtschaftlichen Betrieb, Holzhacken, Wassertragen oder Tragen von kleinen Geschwistern in der Gruppe "Körperliche Belastungen während der Schuljahre" ausgewertet.

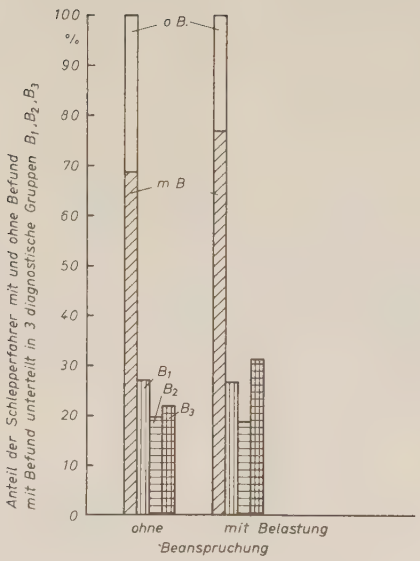

Abb. 6: Röntgenbefunde bei Schlepperfahrern in Abhängigkeit von der körperlichen Belastung während der Schuljahre

	Anzahl der Schlepperf.	röntgen. o. B.	röntgen. m. B.	B_1	B_2	B_3
ohne körperliche Belastung während der Schuljahre	208	65=31 %	143=69 %	56	41	46
mit körperlicher Belastung während der Schuljahre	104	24=23 %	80=77 %	28	19	33
	312	89=29 %	223=71 %	84	60	79

Aus dieser Gegenüberstellung ist ersichtlich, daß der Prozentsatz der Schlepperfahrer, die bereits während der Schuljahre körperlichen Belastungen unterworfen waren und jetzt röntgenologisch nachweisbare Veränderungen an BWS und LWS aufweisen, etwas höher liegt als der Durchschnitt, daß aber in die Gruppen B_1 und B_2 zusammen nur 59 % fallen, während wir

bei den Schlepperfahrern, die während der Schuljahre keinen besonders schweren körperlichen Belastungen unterworfen waren, in der Gruppe B_1 und B_2 68 % finden.

Auskunft über schwere körperliche Belastungen in den Entwicklungsjahren vom Abgang aus der Schule bis zum 20. Lebensjahr gibt die nächste Aufstellung.

	Anzahl der Schlepperf.	röntgen. o. B.	röntgen. m. B.	B_1	B_2	B_3
In den Entwicklungsjahren Schlepper gef.	147	51=35 %	96=65 %	59	25	12=13 %
davon überwiegend	111	34=31 %	77=69 %	48	20	9
weniger als die Hälfte der Zeit	36	17=47 %	19=53 %	11	5	3
überwiegend durch andere schwere körperl. Arbeiten belastet	129	29=23 %	100=77 %	21	28	51=51 %
ohne besonders schw. körperl. Belastung	36	9=25 %	27=75 %	4	7	16=59 %
	312	89=29 %	223=71 %	84	60	79=35 %

Es ist zu erkennen (Abb. 7), daß die Personen, die in den Entwicklungsjahren überwiegend als Schlepperfahrer gearbeitet haben, zu 69 % nachweisbare Veränderungen haben, während von denjenigen, die weniger als die Hälfte der Zeit Schlepperfahrer waren, nur 53 % pathologische BWS- und LWS-Röntgenbefunde aufweisen.

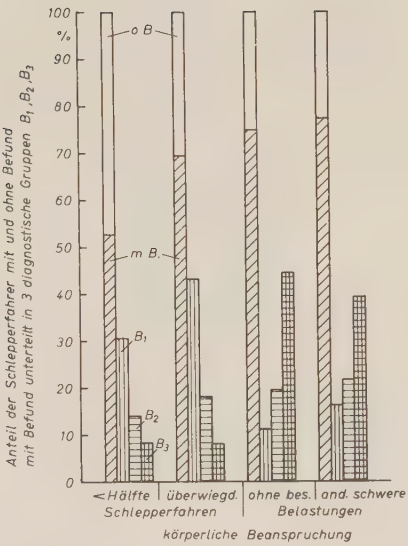

Abb. 7: Röntgenbefunde bei Schlepperfahrern in Abhängigkeit von der körperlichen Belastung während der Entwicklungsjahre.

In den anderen beiden Gruppen liegt der Prozentsatz der Veränderungen bei 77 % bzw. 75 %, jedoch verschiebt sich hier die Art der pathologischen Befunde eindeutig in die Gruppe B_3, während sich bei den erstgenannten Gruppen das Schwergewicht bei B_1 und B_2 befindet, wo insgesamt 88 % bzw. 84 % in diese Gruppen fallen.

Auch die Anzahl der Arbeitsjahre als Schlepperfahrer muß untersucht werden, wenn die Möglichkeit gewisser Beziehungen zwischen dem Beruf und den vorzeitig eintretenden Aufbraucherscheinungen der Wirbelsäule erwogen werden soll.

Arbeitsjahre als Schlepperfahrer	Anzahl der Schlepperfahrer	röntgen. o.B.	röntgen. m.B.	B_1	B_2	B_3
- 1 Jahr	50	21=42 %	29=58 %	14	7	8
- 2 Jahre	75	24=32 %	51=68 %	28	14	9
- 3 Jahre	49	12=24 %	37=76 %	12	10	15
- 4 Jahre	54	14=26 %	40=74 %	15	14	11
- 5 Jahre	36	8=22 %	28=78 %	8	5	15
- 10 Jahre	37	8=22 %	29=78 %	6	9	14
länger als 10 Jahre	11	2=18 %	9=82 %	1	1	7
	312	89=29 %	223=71 %	84	60	79

Man erkennt (Abb. 8), daß über die Hälfte der Schlepperfahrer, bei denen kein krankhafter Befund nachweisbar ist, erst bis zu 2 Jahren diesen Beruf ausübt, und daß unter dem Durchschnitt der pathologischen Veränderungen nur die Schlepperfahrer liegen, die bis zu zwei Jahren im Beruf stehen. Bei den Schlepperfahrern, die länger als 2 Jahre tätig sind, steigt der Anteil der Gruppe B_3 gleichmäßig an.

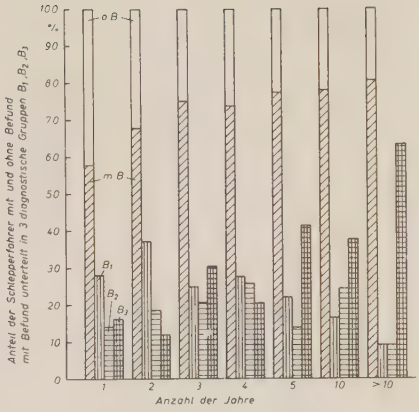

Abb. 8: Pathologische Röntgenbefunde bei Schlepperfahrern nach Arbeitsjahren

Umfangreiche sportmedizinische Untersuchungen haben gezeigt, daß starke Dauerbeanspruchungen z. B. beim Rudern, Ringen, Geräteturnen, Fußballspielen, bei der Akrobatik zu erheblichen Veränderungen am Skelettsystem führen können (Arnold), daß aber andererseits eine gesunde sportliche Betätigung einen vorzüglichen Ausgleich gegenüber beruflich bedingten Zwangshaltungen darstellt (Unger).

	Anzahl der Schlepperf.	röntgen. o.B.	röntgen. m.B.	B_1	B_2	B_3
mit Ausgleichssport	176	57=32 %	119=68 %	45	35	39
ohne Ausgleichssport	136	32=24 %	104=76 %	39	25	40
	312	89=29 %	223=71 %	84	60	79

Bei der Gegenüberstellung der sport- und nichtsporttreibenden Gruppe ist ersichtlich (Abb. 9), daß der Prozentsatz der normalen Wirbelsäulen-Röntgenbefunde bei der sporttreibenden Gruppe etwas höher liegt. Dieser Unterschied ist jedoch noch nicht überzeugend.

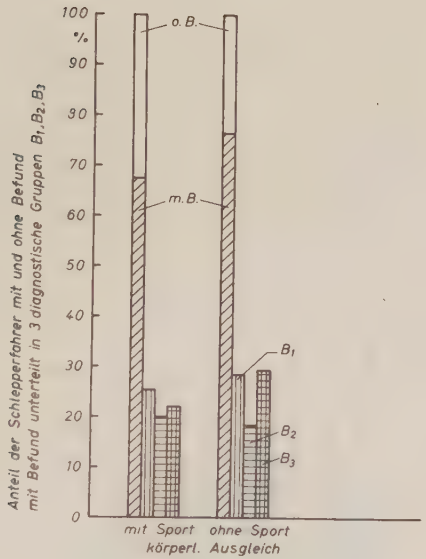

Abb. 9: Röntgenbefunde bei Schlepperfahrern in Abhängigkeit vom Sport

Es ist bekannt, daß bestimmte Konstitutionstypen zu verschiedenen Erkrankungen disponieren. Aus diesem Grund wurde das vorliegende Material nach diesen Gesichtspunkten untersucht.

Konstitutionstyp	Anzahl der Schlepperf.	röntgen. o. B.	röntgen. m. B.	B_1	B_2	B_3
leptosom	122	33=27 %	89=73 %	35	21	33
pyknisch	93	28=30 %	65=70 %	19	17	29
athletisch	80	17=21 %	63=79 %	27	20	16
noch in der Entwicklung	17	11=65 %	6=35 %	3	2	1
	312	89=29 %	223=71 %	84	60	79

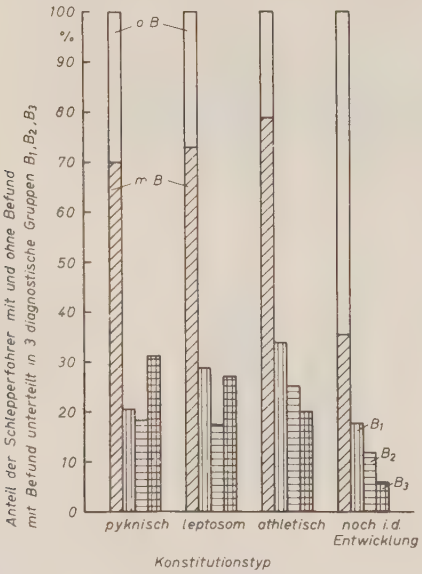

Abb. 10: Röntgenbefunde bei Schlepperfahrern verschiedener Konstitutionstypen

Wir finden bei allen Konstitutionstypen einen etwa gleichmäßig hohen prozentualen Anteil an pathologischen Röntgenbefunden (Abb. 10). Wenn wir hier auf die Erfahrungen der Sportmedizin Bezug nehmen, so hält der

leptosome Konstitutionstyp sportliche Belastungen besser und länger durch und bleibt auch im Alter länger leistungsfähig (Boehmig). Auf unsere Befunde bezogen, kann die aus der Sportmedizin bekannte Tatsache nicht bestätigt werden; denn die Schlepperfahrer mit leptosomem Konstitutionstyp neigen in gleichem Maße wie die Pykniker und die Athleten zu vorzeitig auftretenden Aufbraucherscheinungen der Wirbelsäule.

Aus den umfangreichen Untersuchungen zur Feststellung von Ermüdungserscheinungen im Laufe eines Arbeitstages sollen die Ergebnisse nur kurz erwähnt werden, die in Zusammenhang mit der Pausendurchführung gewonnen werden konnten.

Es soll jedoch eingangs darauf hingewiesen werden, daß nach Schmidtke "die Ermüdung ein sehr komplexes vielschichtiges und schon definitorisch schwer abgrenzbares Phänomen ist". Aus dieser Tatsache ergeben sich die Fragwürdigkeit und die Schwierigkeiten, die mit der Messung von Ermüdungserscheinungen verbunden sind. Trotzdem soll der Versuch gemacht werden, mögliche Zusammenhänge zwischen der irreversiblen Ermüdung der Wirbelsäulensegmente, also einer dem technischen Bereich entnommenen Materialermüdung (Schmidtke), und der allgemeinen reversiblen Körperermüdung abzuleiten.

Um verwertbare Ergebnisse zu erhalten, wurden als positive Ermüdungszeichen nur die Ergebnisse gewertet, die bei mehreren Untersuchungsarten eine stark verzögerte Rückkehr zu den Ruhewerten erkennen ließen. Auf dieser Grundlage zeigten die 290 derartigen komplexen Untersuchungen am Arbeitsplatz folgende Ergebnisse:

ohne Ermüdungserscheinungen	107
mit Ermüdungserscheinungen	183

Wichtig für die Beurteilung ist die Dauer der Tätigkeit sowie die zwischendurch eingelegten Pausen. Hieraus lassen sich möglicherweise auch bestimmte Auswirkungen auf die Ermüdungserscheinungen der Bandscheiben ableiten.

	Zahl der Untersuchungen	bis zu 5 Std. gearbeitet	mehr als 5 Std. gearbeitet	davon mit P.	davon o. P.
ohne Ermüdungserscheinungen	107	43	64	32	32
mit Ermüdungserscheinungen	183	56	127	31	96
	290	99	191	63	128

Interessant sind in diesem Zusammenhang die 191 Fälle, in denen mehr als 5 Stunden gearbeitet worden ist. Nur 64 von diesen 191 weisen keine Ermüdung auf. Die Hälfte von diesen wiederum hat zwischendurch eine Pause eingelegt, die mindestens 60 Minuten andauerte. Von den 127 Schlepperfahrern, die eindeutige Ermüdungszeichen aufweisen, haben 96 ohne Pause gearbeitet. Hieraus ist zu entnehmen, daß vor allem Ermüdungserscheinungen bei den Schlepperfahrern auftreten, die länger als 5 Stunden ohne eingeschaltete Pause arbeiten, während wir bei den Schlepperfahrern, die bei einer Arbeitszeit von mehr als 5 Stunden zwischendurch eine längere Pause einschalten, bei weitem nicht so starke Ermüdungserscheinungen finden.

E. Diskussion der Ergebnisse

Einleitend sei ein kurzer Hinweis auf die Bedeutung der Röntgendiagnostik in der Anthropologie und bei der Personenidentifikation gestattet. Für die anthropologischen Forschungen stellen Röntgenbilder einen weit besseren Informationswert als anatomische und anthropologische Skelettsammlungen dar (Neiss). Leider läßt die Begrenzung der Aufbewahrungspflicht für Röntgenfilme in den Archiven der Krankenhäuser nur schwer einen Vergleich darüber zu, ob beispielsweise sich der Ablauf der Alterung am Skelettsystem in den letzten Jahrzehnten unter dem Einfluß der Technik möglicherweise verändert hat. Aus diesen Erkenntnissen heraus werden in späteren Zeitläufen derartige Vergleichsuntersuchungen leichter sein, wenn entsprechende Röntgenbildarchive zur Verfügung stehen werden.

Als Vergleichsmaterial zu den in dieser Untersuchung herausgestellten Ergebnissen dienen Stichproben aus der Bevölkerung und aus verschiedenen Berufszweigen.

Für den Bereich der Halswirbelsäule konnten verfrüht einsetzende Aufbraucherscheinungen z. B. bei Stenotypistinnen (Schröter), Hutziehern (Schröder, persönl. Mitteilung), Artisten (Pillokat), Schwerlastträgern (Schlomka und Schröter), bei Ringern und Ruderern (Köhler) nachgewiesen werden. Da bei den untersuchten Schlepperfahrern mit einem mittleren Lebensalter von 26 Jahren der prozentuale Anteil der röntgenologisch nachweisbaren Aufbraucherscheinungen der Halswirbelsäule nur geringfügig über den bei der Durchschnittsbevölkerung nachgewiesenen Befunden liegt, (s. Seite 26) kann angenommen werden, daß die Bandscheiben der HWS durch das Schlepperfahren nicht in dem Ausmaß belastet werden wie die Bandscheiben der LWS und der BWS. Möglicherweise kommt es durch die ständigen kleinen unbewußten Dreh- und Nickbewegungen des Kopfes und durch das hieraus resultierende Muskelspiel nicht in dem Maße zu einer statischen Belastung wie im Bereich der übrigen Wirbelsäule.

Die röntgenkinematographischen Studien von Christ und Dupuis im Bereich der HWS lassen den Schluß zu, daß zur Kompensation der Nickschwingungen des Kopfes die Gelenkverbindung zwischen Occiput und Atlas am stärksten belastet wird. Die Halswirbelsäule als Ganzes zeigt bei diesen Untersuchungen eine Resonanzkurve mit einer Spitze bei 3, 5 Hz unter dem Einfluß von Sinusschwingungen im Bereich von 0, 5 bis 5, 0 Hz. Da die Erschütterungen beim Schlepperfahren primär in Richtung der Wirbelsäulenachse Gesäß - Kopf einwirken und jede einzelne Bandscheibe im Zusammenspiel mit der Muskulatur und den kleinen Wirbelgelenken ein Teildämpfungsmoment darstellt, wird verständlich, daß die Intensität der Erschütterungen im Bereich der HWS bereits abgeschwächt ist. Gerade im Hinblick auf das Ausmaß, das in den letzten Jahrzehnten die Erkrankungen im Bereich der HWS in der Klinik einnehmen, kann aus den vorliegenden Untersuchungen keine sichere Aussage über die mögliche Abhängigkeit vorzeitig eintretender Aufbraucherscheinungen im Bereich der Halswirbelsäule von der Tätigkeit als Schlepperfahrer gemacht werden.

Aus den Untersuchungsergebnissen der Brust- und Lendenwirbelsäule geht hervor, daß die pathologischen Röntgenbefunde, bezogen auf das mittlere Lebensalter von 26 Jahren, mit einer relativen Häufigkeit von 71 % sehr hoch sind. Zum Vergleich sei eine Zusammenstellung anderer in der Literatur beschriebener Berufsgruppen mit gezielten Wirbelsäulen-Röntgenuntersuchungen aufgeführt.

Beruf	Anzahl	path. WS-Veränderungen in %	mittl. Alter	Autor
Bergleute	116	70	51	Gantenberg, zit. bei Schröter
Bauern	31	55	40	
Fabrikarbeiter	100	43	45	
Handwerker	51	29	41	
Sonstige	56	23	43	
Bankangestellte	113	37	51	Schlomka und Schröter
Bergleute	91	76	51	
Lastträger	97	98	56	
Ruderer	59	51	14-30	Querg und Schröder
Ruderinnen	44	43	17-27	
Werkstattarbeiter	78	28	-	Barbaso
Autobusfahrer	213	44	40	
Lastwagenfahrer	62	80	-	Mungo, zitiert bei Barbaso
Preßluftarbeiter	500	46	-	Beck, zitiert bei Schmid
Lokomotivheizer	156	80	-	Louyot

und dazu die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung

Schlepperfahrer	312	71	26	

Aus dieser Gegenüberstellung ist zu ersehen, daß die Berufsgruppen, deren pathologische Wirbelsäulenveränderungen in etwa denen der Schlepperfahrer entsprechen, sich bereits in einem Lebensalter befinden, in dem die Aufbraucherscheinungen im Bereich der Wirbelsäule bereits physiologisch sind. Leider liegen Vergleichsuntersuchungen, die annähernd der vorliegenden Alterszusammensetzung entsprechen, nicht vor. Daher soll an dieser Stelle Bezug genommen werden auf die anatomisch-pathologischen Befunde der Brust- und Lendenwirbelsäule in den verschiedenen Lebensaltern, die von Junghanns nach den Unterlagen von Schmorl zusammengestellt worden sind. (Abb. 11)

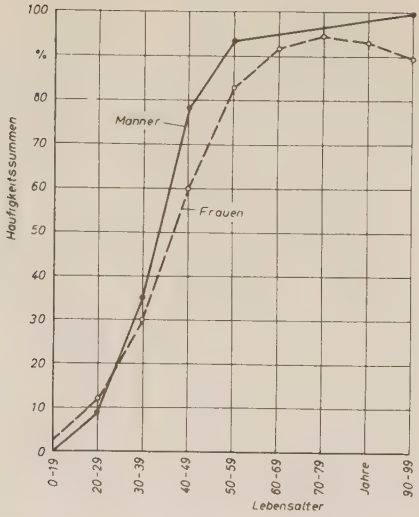

Abb. 11: Die Häufigkeit der physiologischen Abnutzungserscheinungen der Brust- und Lendenwirbelsäule bei Männern und Frauen in den verschiedenen Lebensaltern (nach Junghanns)

Die aus diesem Zahlenmaterial gewonnene Kurve der Männer wird den Röntgenergebnissen der 312 Schlepperfahrer gegenübergestellt (Abb. 12).

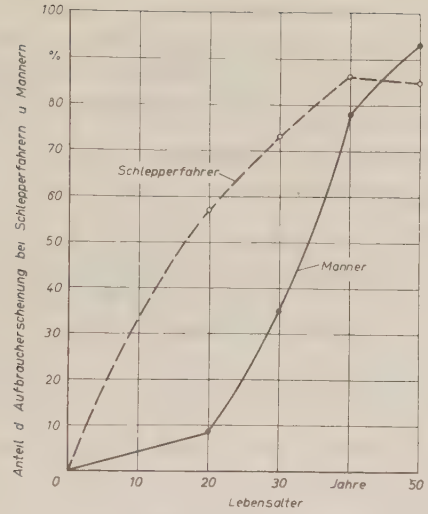

Abb. 12: Häufigkeit der Aufbraucherscheinungen der Brust- und Lendenwirbelsäule bei Männern in den verschiedenen Lebensaltern nach Junghanns verglichen mit den bei Schlepperfahrern erhobenen Befunden

Interessant sind in diesem Zusammenhang die Ergebnisse von Musterungsuntersuchungen im Hinblick auf den Gesundheitszustand der Landbevölkerung (Hesse). Diese Ergebnisse basieren auf fast 2 Mill. Musterungsuntersuchungen der Jahrgänge 1938 - 1941 und teilweise 1937. Auf den Sektor der landwirtschaftlichen Berufe entfallen hiervon 115 000. Insgesamt haben 7 % der aus der Landwirtschaft stammenden jungen Männer durch Überlastung bedingte Wirbelsäulenfehler gegenüber 5 % des Durchschnitts aller

Gemusterten. Es wird allerdings nicht gesagt, ob diese Fehler auf der Grundlage von Röntgenuntersuchungen oder nur durch die äußere Inspektion registriert worden sind. Bezieht man diese Zahl auf die zuvor genannten anatomisch-pathologischen Befunde nach Junghanns, so decken sie sich in etwa, bezogen auf das Lebensalter der Gemusterten von etwa 18 - 20 Jahren.

In Zusammenhang mit der Entwicklung der Wirbelsäule und den im Laufe der Jahre physiologisch auftretenden Aufbraucherscheinungen interessieren im Rahmen dieser Untersuchungen besonders die Jahre, die für das Wachstum der Wirbelsäule besonders wichtig sind und in denen sie sich in ihrem Wachstum noch äußeren Einflüssen anpassen kann.

In der Kindheit zwischen dem 6. und 9. Lebensjahr und in den Entwicklungsjahren zwischen dem 12. und 17. Lebensjahr wächst die Wirbelsäule schneller als der übrige Körper. Da der Schwerpunkt des Körpers vor der Wirbelsäule liegt, besteht bei körperlicher Ermüdung die Tendenz, den Körper nach vorn zu neigen. Mit dieser Tatsache ist die Grundlage für den Haltungsfehler im Wachstumsalter gegeben. Aus diesem Haltungsfehler heraus, der statische Fehlbelastungen der Wirbelsäule nach sich zieht, entstehen nach Güntz Deckplattenveränderungen mit Beschädigungen der Wachstumszone und den bereits genannten degenerativen Folgeerscheinungen, der Osteochondrosis und Spondylosis deformans. Da in diesem Alter jedoch die Entwicklung der Wirbelsäule noch nicht abgeschlossen ist, folgen die Wirbelkörper in ihrem Wachstum der statischen Fehlbelastung und zeigen vor allem ventral deutliche Abflachungserscheinungen, die wir in der Röntgendiagnostik als Keilwirbelbildung bezeichnen.

Damit ist das Bild der Adolescentenkyphose oder der juvenilen Kyphose, die erstmalig von Scheuermann beschrieben wurde, vollständig. In den Entwicklungsjahren, die den Übergang vom Schulalter in das Berufsleben darstellen, wird der jugendliche Körper vor neue Umwelteinflüsse gestellt, die vom Erwachsenen gelenkt werden und nicht von der individuell unterschiedlichen Leistungsfähigkeit des Jugendlichen selbst. Jugendliche mit verzögerter

Reifung sind hierbei besonders gefährdet, weil die Zellteilungen der epiphysären Knorpelscheiben während der Pubertät besonders rege sind und durch die verzögerte Reifung die fördernde Erweichung der Abschlußplatten besonders lange anhält, ehe sie in eine Konsolidierung übergeht (Mau).

Durch die gegebene Notwendigkeit, nämlich des Anpassens des jugendlichen Körpers an die Belastungen der Umwelt, kommt es häufig zu einer Diskrepanz zwischen den physischen Möglichkeiten und der erforderlichen Leistung, und es entstehen nicht mehr rückgängig zu machende körperliche Schäden über den Weg: Ermüdung - Fehlhaltung - statische Fehlbelastung - degenerative Veränderungen - Adolescentenkyphose (Brocher). Die Adolescentenkyphose ist praktisch am Ende der Wachstumsperiode ein fixierter Zustand, der aber dann in ein Spätstadium übergeht, das durch degenerative Veränderungen im Bereich der Zwischensegmente charakterisiert ist und das sekundär zur Frühinvalidität führen kann (Thomsen).

Bei dem durch die Anamnesen gewonnenen Überblick über die bei den Schulpatienten vorausgegangenen körperlichen Belastungen während der für die Wirbelsäule kritischen Wachstumsphasen erkennt man deutlich, daß diejenige, deren körperliche Belastung in erster Linie im Schulpersonen besteht, kaum zu Veränderungen im Bereich der Brustwirbelsäule tendieren, die auf beginnende oder bereits ausgeprägte Adolescentenkyphose manifestieren. Daß dieses Krankheitsbild verbreiteter ist, als man annimmt, dürfte eine feststehende Tatsache sein. Es werden aus einer nicht ausgewählten Population (Bevölkerung Berlins) Häufigkeitswerte zwischen 20 % und 31 % angegeben und aus Europa 23 - 34 % (Brocher), wobei allerdings festgestellt werden konnte, daß das männliche Geschlecht häufiger befallen ist (Mau).

Faßt man die bei den Schlepperfahrern gewonnenen Ergebnisse der Gruppen B_1 und B_2 zusammen, so ergibt sich hier ein Anteil von 65 %, wobei berücksichtigt werden muß, daß die Schlepperfahrer, bei denen außer der BWS noch die LWS einen pathologischen Befund aufweist oder bei denen nur die LWS befallen ist, nicht in Erscheinung treten. Es darf hierbei nicht übersehen werden, daß es gelegentlich auch eine reine lumbale Form des Morbus Scheuermann gibt und sehr oft eine dorsolumbale Lokalisation (Brocher).

Die Theorien über die Pathogenese der Adolescentenkyphose sind nicht einheitlich. Eine konstitutionelle Disposition ist nach Brocher die Grundlage. Durch schwere oder einseitige körperliche Belastungen können auf dieser Basis die genannten Veränderungen auftreten.

Die verschiedenen Untersuchungen über das Verhalten der Wirbelsäule oder einzelner Wirbel unter Schwingungseinfluß haben gezeigt, daß diese Erschütterungen eine schwere Belastung abhängig von der Dauer und der Diskontinuität der Einwirkung vor allen Dingen für die Bandscheiben darstellen.

Aus dem Zahlenmaterial, das einen Überblick über die vorausgegangenen schweren körperlichen Belastungen während der ersten kritischen Wachstumsphase der Wirbelsäule, nämlich in den Schuljahren, gibt, lassen sich keine sicher verwertbaren Schlüsse ziehen. Der prozentuale Anteil an röntgenologisch nachweisbaren Veränderungen ist in derGruppe derjenigen, die schon während der Schuljahre schwere körperliche Arbeiten verrichten mußten, etwas höher. Aber wir müssen bei der Diskussion dieser Fragestellung berücksichtigen, daß die Haltungsfehler bei Schulkindern ganz allgemein im Zunehmen begriffen sind. Als Ursache hierfür wird eine unphysiologische Schul- und Hauslebensweise angegeben (Ehalt).

Mit der Zahl der Arbeitsjahre als Schlepperfahrer nehmen die röntgenologisch nachweisbaren Veränderungen zu, wobei die Schlepperfahrer, die 4 Jahre und länger im Beruf stehen, überwiegend Befunde der Gruppe B_3

aufweisen, unter denen sich zwangsläufig ein erheblicher Teil mit dorsolumbaler Lokalisation befindet. Vergleichbare Angaben sind im Hinblick auf die Gesamtdauer der beruflichen Tätigkeit in der Literatur nicht auffindbar.

Zur Verhütung von Haltungsfehlern und dadurch bedingten späteren Wirbelsäulenschäden wird von den Orthopäden eine regelmäßige sportliche Betätigung gefordert. Die Untersuchung unserer Schlepperfahrer zeigt jedoch auch hier keine eindeutigen Ergebnisse. Vielleicht liegt es daran, daß der ausgeübte Sport nur sehr selten den Bedürfnissen des Haltungsschadens Rechnung trägt. Die hierfür empfohlenen Sportarten sind in erster Linie Schwimmen, Wandern mit leichtem Rucksack (Ehalt), Gymnastik, auf keinen Fall Rudern und Radfahren (Brocher). Auch Fußballspielen und Geräteturnen sind kontraindiziert (Ehalt).

Die sportliche Betätigung der befragten Schlepperfahrer bestand überwiegend aus Fußballspielen, das unter Umständen noch eine zusätzliche Belastung für die Wirbelsäule darstellt. Das Ziel der Sportausübung bei Schlepperfahrern muß grundsätzlich in der Kräftigung der Rückenmuskulatur bestehen (Mau), weil diese einen großen Teil der dynamischen und statischen Kräfte aufnehmen kann und die Bandscheiben wesentlich entlasten kann (Krause).

Die Schwierigkeiten der Einordnung einer Gruppe von Menschen in die drei bekannten Konstitutionstypen sind hinreichend bekannt. Nach Curtius lassen sich nur 10 % aller Menschen zweifelsfrei in die drei Gruppen einordnen. Trotzdem ist dieser Versuch mit den Schlepperfahrern gemacht worden, weil es sich bei diesem Personenkreis vorwiegend um junge Männer handelt, deren grobe Konstitutionsbestimmung aufgrund äußerer Körpermerkmale verantwortet werden kann.

Nennenswerte Unterschiede hinsichtlich der pathologischen Röntgenbefunde finden sich hierbei nicht. Erwähnenswert ist die Gruppe der Athleten, die trotz gut ausgebildeter kräftiger Rückenmuskulatur einen Anteil der

Gruppen B_1 und B_2 von insgesamt 80 % aufweist. Auch aus dieser Tatsache könnte man schließen, daß die beim Schlepperfahren auf die Wirbelsäule einwirkenden Erschütterungen spezifische Eigenschaften im Hinblick auf den Bandscheibenapparat besonders der Brustwirbelsäule haben, ohne daß eine kräftige Muskulatur das Auftreten derartiger Aufbraucherscheinungen auf die Dauer entscheidend verhindern kann.

Der Wert der Pausendurchführung zur Erhaltung der Arbeitsleistung und zur Regeneration der Ermüdungserscheinungen ist besonders von Lehmann bei den verschiedenen statischen und auch dynamischen körperlichen Arbeiten herausgestellt worden. Dabei wird besonders auf den negativen Wert der "aktiven" Pausen hingewiesen, weil diese nicht den Erholungswert einer echten Pause haben. Bei schwerer körperlicher Arbeit fordert Lehmann eine möglichst eine Stunde andauernde wirkliche Ruhepause. Aus diesem Grund ist bei den Untersuchungen am Arbeitsplatz besonderer Wert auf die einstündige Zwischenpause gelegt worden. Durch diese Pausen sollen Ermüdung und Erholung im Gleichgewicht gehalten werden (Müller). Die Wirbelsäule muß als ein Organ betrachtet werden, das aus statischen Anteilen besteht, zu denen Knochen, Knorpel, Bänder und Kapseln gehören, und aus einem dynamischen Anteil, der Muskulatur. Ist das Gleichgewicht zwischen diesen beiden Anteilen gestört, so kommt es bei der Funktion zu einer Dekompensation (Brocher).

Diese Störung bleibt aber nicht auf die Wirbelsäule beschränkt, sondern über den erhöhten Sauerstoffbedarf der Zellen und den ungenügenden Abtransport der Stoffwechselendprodukte und einer damit verbundenen Anhäufung der Stoffwechselzwischenprodukte (Lehmann) ist auf indirektem reflektorischen Weg das Nervensystem (Klimkova-Deutschova) und damit der ganze Körper beteiligt.

Bereits beim Verdacht des Beginnes einer Scheuermannschen Erkrankung fordert Brocher eine einstündige Ruhepause in der Mitte des Tages, bei schweren Fällen noch eine längere Pause und evtl. noch zusätzliche kürzere Pausen.

Aus den vorliegenden Ergebnissen ist zu ersehen, daß die Forderung nach ausreichenden Pausen zu Recht besteht; denn 75 % der Schlepperfahrer, die mehr als 5 Stunden hintereinander gearbeitet haben und eindeutige Ermüdungserscheinungen aufweisen, haben bis zum Untersuchungszeitpunkt noch keine Pause eingelegt. Die Ermüdungserscheinungen der Schlepperfahrer bei den verschiedenen Arbeiten beweisen, daß der ganze Körper einer erheblichen physischen Belastung unterliegt, einmal durch statische Arbeit in Form von körperlichen Zwangshaltungen, zu denen das Bedienen der Hand- und Fußhebel, des Lenkrades, das aktive Abstützen des Beckens und des Rückens, das Fixieren des gedrehten Rumpfes beim Rückwärtssehen bei bestimmten Arbeitsgängen rechnen, und zum anderen durch das Bestreben des Körpers, den ständig mit unterschiedlicher Intensität und auch in unterschiedlichen Abständen einwirkenden Erschütterungen entgegenzuwirken und Gleichgewichtsverlagerungen unbewußt auszugleichen und schließlich durch die ebenfalls durch die Erschütterungen ausgelöste veränderte Reaktionslage des vegetativen Nervensystems.

Der Vollständigkeit halber soll an dieser Stelle noch die Lärmbelästigung genannt werden, auf die im Rahmen dieser Arbeit nicht eingegangen werden kann. Erhebliche neurovegetative Störungen aller Art, die sich an allen Organen auswirken können, werden durch Lärmeinwirkung hervorgerufen (Jansen).

Es ist verständlich, daß aus den beim Schlepperfahren nahezu täglich immer wiederkehrenden Belastungen mit nachfolgenden Ermüdungserscheinungen auf der Grundlage einer konstitutionellen Veranlagung bleibende Schäden im Bereich der Wirbelsäule vorzeitig eintreten können.

Ein Hinweis auf die Theorie der funktionellen Entstehung der Arthrosen des Kniegelenkes, bei dem in etwa einem Wirbelsegment vergleichbare Verhältnisse vorliegen, sei an dieser Stelle eingefügt. Für die Entstehung der so verbreiteten Kniegelenksarthrosen wird u. a. ein Mißverhältnis zwischen Beanspruchung und Beanspruchbarkeit als auslösendes Moment beschrieben (Mohing).

Aufgrund der vorliegenden Untersuchungsreihe sowie der technischen und physiologischen Erkenntnisse kann abschließend festgestellt werden, daß vorzeitige Aufbraucherscheinungen der Wirbelsäule bei Schlepperfahrern nachweisbar sind und daß sie maßgeblich durch die beim Schlepperfahren auftretenden Erschütterungen in Abhängigkeit von der Zeitdauer des Einwirkens bedingt sind.

F. Zusammenfassung

Die Röntgenuntersuchungen der Hals-, Brust- und Lendenwirbelsäule von 312 Schlepperfahrern mit einem mittleren Lebensalter von 26 Jahren ergaben bei 29 % der Untersuchten keinen krankhaften Befund, während 71 % bereits deutliche röntgenologisch nachweisbare Aufbraucherscheinungen an Brust- und Lendenwirbelsäule zeigten.

Verglichen mit anderen in der Literatur beschriebenen Röntgenbefunden bei bestimmten Berufsgruppen und bezogen auf das mittlere Lebensalter läßt sich der Nachweis erbringen, daß bei dem untersuchten Personenkreis die vom mittleren Lebensalter an physiologisch nachweisbaren Aufbraucherscheinungen der Wirbelsäule mit Wahrscheinlichkeit vorzeitig eintreten.

Eine mit Hilfe ausführlicher Anamnesen durchgeführte Analyse der vorangegangenen körperlichen Belastungen während der zwei kritischen Wachstumsphasen der Wirbelsäule, während der Schuljahre und in den Entwicklungsjahren, läßt darauf schließen, daß die sich noch in der Entwicklung befindende jugendliche Wirbelsäule wenig widerstandsfähig gegenüber den beim Schlepperfahren auftretenden Erschütterungen ist. Sie reagiert primär mit röntgenologisch nachweisbaren Veränderungen im Sinne der Adolescentenkyphose (Morbus Scheuermann) auf diese ständig mit unterschiedlicher Intensität besonders auf den Bandscheibenapparat einwirkenden exogenen Reize.

Eine eindeutige Abhängigkeit von der Ausübung des Sportes als Ausgleich gegenüber berufsbedingten statischen Zwangshaltungen ist nicht erkennbar.

Alle Konstitutionstypen unterliegen etwa gleichmäßig den vorzeitig auftretenden röntgenologisch nachweisbaren Aufbraucherscheinungen im Bereich der Wirbelsäule.

Die vorliegende Untersuchung stellt einen Beitrag dar zur Erkennung der Zusammenhänge in der Wechselwirkung Mensch - Schlepper mit dem

Ziel, für den Schlepperfahrer optimale Arbeitsbedingungen zu schaffen, die vorzeitigen Aufbrauch, Verschleiß, Erschöpfung und Voralterung im Rahmen des Möglichen verhindern. Es darf bei der Auswertung der vorliegenden Untersuchungsergebnisse jedoch nicht übersehen werden, daß neben der beruflichen Schädigung noch konstitutionelle, endogen bedingte Faktoren eine nicht zu unterschätzende Rolle spielen, die im Augenblick in ihrem Ausmaß noch nicht voll übersehbar sind.

G. Röntgenbilder der Brust- und Lendenwirbelsäule

H. H. K. * 17 Jahre.

Während der Schuljahre nur gelegentlich Mithilfe bei leichten Arbeiten im Garten.

Seit dem 14. Lebensjahr in der Landwirtschaft tätig, davon 2 Jahre auf elterlichem Betrieb mit allen vorkommenden Arbeiten beschäftigt. Seit knapp einem Jahr ausschließlich als Schlepperfahrer eingesetzt.

Abb. 13: BWS seitlich

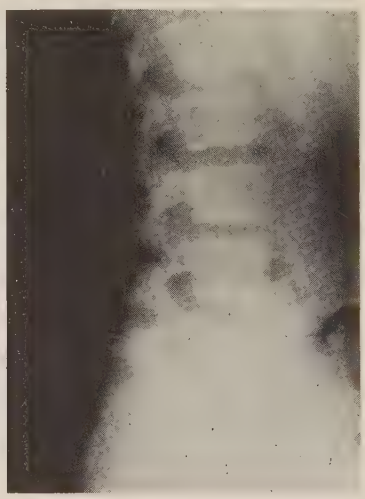

Abb. 14: LWS seitlich

Die Aufnahmen der BWS zeigen eine angedeutete rechtskonvexe Skoliose. Die Konturen der Wirbelkörper sind klar, die Struktur ist einwandfrei. Die Form der Wirbelkörper ist regelrecht, die Bandscheibenräume sind erhalten, keine sicheren Veränderungen an den Wirbelplatten. Wirbelbögen und -fortsätze sind unauffällig.

Diagnose: Außer einer leichten Fehlhaltung kein auffälliger Befund an der BWS.

Die Aufnahmen der LWS zeigen eine linkskonvexe Torsionsskoliose, klare Konturen und einwandfreie Struktur der Wirbelkörper, gleichmäßig weite Bandscheibenräume. An den Wirbelplatten sind keine Veränderungen sichtbar. Wirbelbögen- und -fortsätze sowie Iliosacralfugen sind ohne Besonderheiten.

Diagnose: Außer einer deutlichen Fehlhaltung der LWS kein auffälliger pathologischer Befund.

Dieser Röntgenbefund wurde in die Gruppe "ohne pathologischen Röntgenbefund" eingeordnet.

P. H. 21 Jahre.

Während der Schuljahre keine körperliche Belastung. Nach dem Schulabschluß (16 Jahre) Lehre als Schlosser. Seit 2 Jahren ausschließlich als Schlepperfahrer tätig, in den Wintermonaten vorwiegend in der Werkstatt zu Reparaturarbeiten eingesetzt.

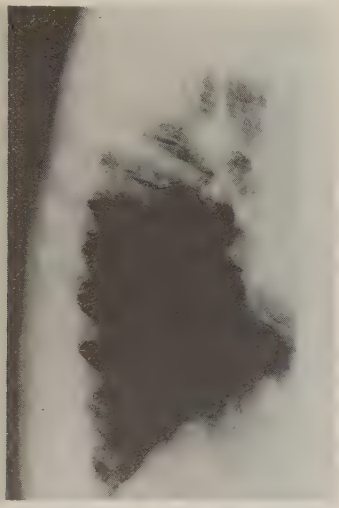

Abb. 15: BWS seitlich

Abb. 16: LWS seitlich

Die Aufnahmen der BWS zeigen eine leichte S-förmige Skoliose. Die Wirbel sind regelrecht geformt. Kleine Schmorl'sche Knötchen sind in den Grundplatten von BWK 7 und 8 sichtbar. Konturen und Struktur der Wirbelkörper sind unauffällig. Keine Verschmälerungen der Bandscheibenräume sind sichtbar. Wirbelbögen und -fortsätze sind ohne Besonderheiten.
Diagnose: Schmorl'sche Knötchen in den Grundplatten von BWK 7 und BWK 8.

Die Aufnahmen der LWS zeigen scharfe Konturen und eine einwandfreie Struktur. Die Wirbelkörper sind nicht deformiert, die Bandscheibenräume nicht verschmälert. Kleine Gelenke und Ilioscralfugen sind frei. Asymmetrischer Bogenschluß bei S 1.
Diagnose: An der LWS kein pathologischer Befund.

Dieser Röntgenbefund wurde in die Gruppe B_1 eingeordnet.

A. F. 24 Jahre alt.

Während der Schuljahre keine besonderen körperlichen Belastungen. 3 Jahre Lehre als Schweizer, 1/2 Jahr als Schweizer gearbeitet, dann Bundeswehr und seit 3 Jahren ausschließlich als Schlepperfahrer tätig, in großem Umfang zu Transportfahrten eingesetzt.

Abb. 17: BWS seitlich

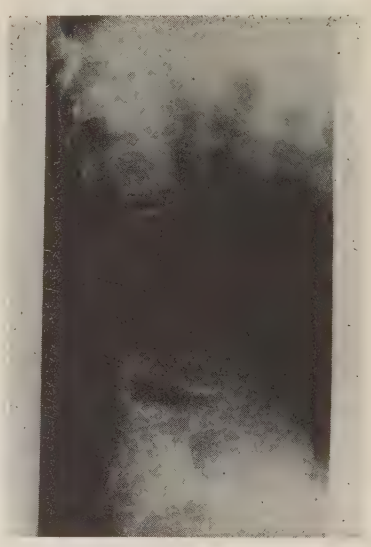

Abb. 18: LWS seitlich

Die Aufnahmen der BWS zeigen klare Konturen und eine einwandfreie Struktur. Angedeutete ventrale spondylotische Ausziehungen an BWK 8 und BWK 9. Die Bandscheibenräume sind erhalten, nur der Bandscheibenraum BWK 8/BWK 9 ist etwas verschmälert. Wirbelbögen und -fortsätze sind unauffällig.
Diagnose: Beginnende Spondylosis deformans bei BWK 8 und BWK 9, mäßige Osteochondrosis im Bereich BWK 8/BWK 9.

Die Aufnahmen der LWS zeigen eine normale Haltung, klare Konturen und einwandfreie Struktur. Die Bandscheibenräume sind weit. Keine Veränderungen an den Wirbelplatten sichtbar. Wirbelbögen, -fortsätze und Iliosacralfugen sind unauffällig.
Diagnose: An der LWS kein sicherer pathologischer Befund nachweisbar.

Dieser Röntgenbefund wurde in die Gruppe B_1 eingeordnet.

G. H. 23 Jahre.

Keine besonderen Belastungen während der Schuljahre. Lehre als Tischler, 1 Jahr als Tischler gearbeitet, dann 2 Jahre Bundeswehr. Seit 2 Jahren ausschließlich als Schlepperfahrer tätig.

Abb. 19: BWS seitlich

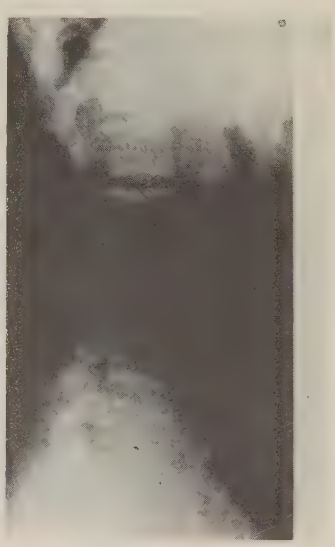

Abb. 20: LWS seitlich

Die Aufnahmen der BWS zeigen eine geringe S-förmige Torsionsskoliose und eine deutliche Kyphose, mit Scheitelpunkt bei BWK 7. Die Wirbelkörper BWK 6 - 8 sind keilförmig deformiert. Es finden sich deutliche osteochondrotische Veränderungen an den Wirbelplatten BWK 6/8. Im übrigen erhalten Form der Wirbelkörper, klare Konturen und einwandfreie Struktur. Wirbelbögen und -fortsätze unauffällig.
Diagnose: Kyphose, Keilwirbelbildung, Osteochondrosis BWK 6/BWK 8.

Die Aufnahmen der LWS zeigen eine leichte linkskonvexe Torsionsskoliose sowie ein kleines Schmorl'sches Knötchen in der Grundplatte von BWK 11. An der LWS klare Konturen und einwandfreie Struktur. Die Bandscheibenräume sind erhalten, Wirbelbögen, -fortsätze und Iliosacralfugen sind frei.
Diagnose: Fehlhaltung der LWS. Schmorl'sches Knötchen BWK 11.

Dieser Röntgenbefund wurde in die Gruppe B_2 eingeordnet.

W. T. 40 Jahre.

Während der Schuljahre keine besonderen Belastungen. In den Entwicklungsjahren Kriegshilfsdienst und Flucht. 2 Jahre als Landarbeiter tätig gewesen mit 20 Jahren, dann vom 22. Lebensjahr an fast ausschließlich den Beruf als Schlepperfahrer ausgeübt.

Abb. 21: BWS seitlich

Abb. 22: LWS seitlich

Die Aufnahmen der unteren BWS zeigen eine leichte Kyphose der BWS mit angedeuteter Keilform am Scheitelpunkt der Kyphose. Geringe ventrale spondylotische Ausziehungen sind sichtbar sowie linksseitig lateral überbrückende Spangen von BWK 9 - 12. Eine sichere Verminderung der Bandscheibenräume ist nicht feststellbar, auch keine deutlichen Veränderungen an den Wirbelplatten. Konturen und Struktur sind nicht sichtbar gestört. Wirbelbögen und -fortsätze sind unauffällig.

Diagnose: Kyphose der unteren BWS mit Keilwirbelbildung, Spondylosis deformans mit Spangenbildung.

Die Aufnahmen der LWS zeigen eine erhebliche linkskonvexe Torsionsskoliose, dabei aber klare Konturen und eine einwandfreie Struktur. Weite Bandscheibenräume. Geringe sklerotische Veränderungen an den gegenüberliegenden

Wirbelkanten BWK 12 und LWK 1. Wirbelplatten in diesem Bereich unruhig. Wirbelbögen, -fortsätze und Iliosacralfugen sind frei.

Diagnose: Fehlhaltung der LWS. Mäßige Osteochondrosis und Spondylosis deformans am Übergang von BWS zur LWS.

Dieser Röntgenbefund wurde in die Gruppe B_3 eingeordnet.

O. B. ♀ 18 Jahre.

Während der Schuljahre keine besonderen Belastungen. 3 Jahre landwirtschaftliche Lehre, seit etwas mehr als einem Jahr ausschließlich als Schlepperfahrer tätig.

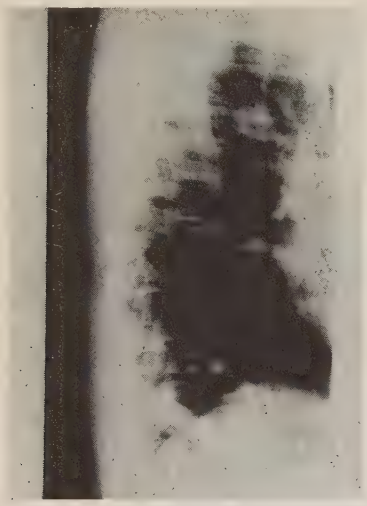

Abb. 23: BWS seitlich

Abb. 24: LWS seitlich

Die Aufnahmen der BWS zeigen eine leichte S-förmige Skoliose. Die Form der Wirbel ist erhalten, die Bandscheibenräume sind nicht verschmälert. Die Konturen sind glatt, die Struktur ist regelmäßig. Wirbelbögen und -fortsätze sind unauffällig.

Diagnose: Geringe Fehlhaltung, sonst kein sicherer krankhafter Befund.

Die Aufnahmen der LWS zeigen eine angedeutete Links-Skoliose. Die Wirbel sind regelrecht geformt, die Konturen glatt und mit einwandfreier Struktur. Kleine Gelenke und Iliosacralfugen sind frei. Der Bandscheibenraum LWK 4/LWK 5 ist etwas verschmälert.

Diagnose: Beginnende osteochondrotische Veränderungen im Bereich von LWK 4/LWK 5.

Dieser Röntgenbefund wurde in die Gruppe B_3 eingeordnet.

E. H. 34 Jahre alt.

Während der Schulzeit keine besonderen körperlichen Belastungen. Seit dem 14. Lebensjahr immer in der Landwirtschaft tätig gewesen, alle vorkommenden Arbeiten verrichtet, seit 10 Jahren ständig als Schlepperfahrer tätig, in den davorliegenden Jahren nur gelegentlich mit dem Schlepper gearbeitet.

Abb. 25: BWS seitlich

Abb. 26: LWS seitlich

Die Aufnahmen der BWS zeigen eine leichte S-förmige Skoliose. Ventrale und laterale spondylotische Zackenbildung BWK 8 - BWK 10. Deutliche Verschmälerung des Bandscheibenraumes BWK 8/BWK 9. Sonst scharfe Konturen und einwandfreie Struktur. Wirbelbögen und -fortsätze unauffällig.

Diagnose: Osteochondrosis BWK 8/BWK 9. Spondylosis deformans BWK 8 - BWK 10.

Die Aufnahmen der LWS zeigen eine linkskonvexe Torsionsskoliose. Die Lordose ist abgeflacht. Deutliche Bandscheibenverschmälerung LWK 4/LWK 5. Schmorl'sche Knötchen in der Grundplatte von LWK 2. Sonst Konturen und Struktur unauffällig bis auf einen kleinen ventralen Randwulst bei LWK 5. Spalt im Bogen von S 1.

Diagnose: Mäßige Fehlhaltung der LWS, Osteochondrosis LWK 4/5, Spondylosis deformans LWK 5.

Dieser Röntgenbefund wurde in die Gruppe B_3 eingeordnet.

G. M. 50 Jahre alt.

Während der Schuljahre bereits regelmäßige Mitarbeit auf dem Bauernhof der Eltern, auch häufig schwere Säcke getragen. Bis zum Beginn des Krieges als Landarbeiter tätig gewesen. Von 1939 an Soldat mit anschließender Gefangenschaft. Seit 19 Jahren ständig als Schlepperfahrer tätig.

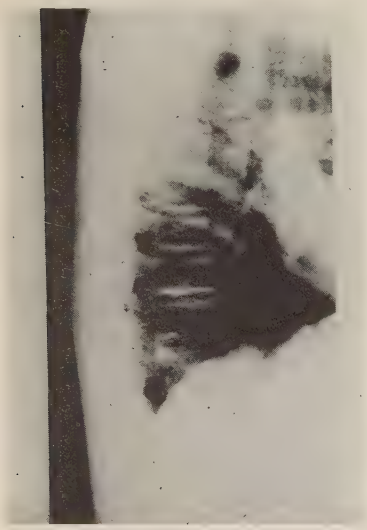

Abb. 27: BWS seitlich

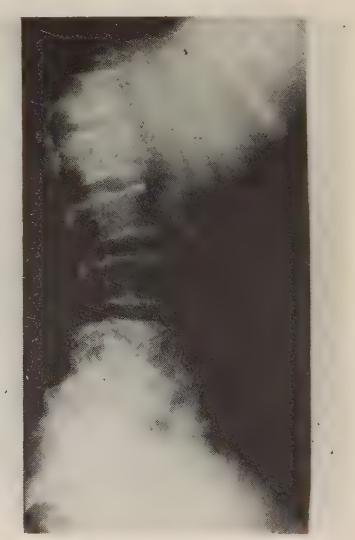

Abb. 28: LWS seitlich

Die Aufnahmen der BWS zeigen eine normale Haltung. An BWK 9 und BWK 10 kräftig ausgeprägte spondylotische Zacken, auch im Bereich der mittleren BWS derartige Veränderungen, sonst aber glatte Begrenzung und einwandfreie Struktur. Bandscheibenräume sind nicht verschmälert.

Diagnose: Mäßige Spondylosis deformans der BWS.

Die Aufnahmen der LWS zeigen eine leichte Linksskoliose. Die Bandscheibenräume sind nicht verschmälert. An LWK 3 und LWK 4 kleine laterale und ventrale Zacken, sonst glatte Begrenzungen und regelmäßige Struktur. Kleine Gelenke und Iliosacralfugen sind unauffällig, keine Deformierung der Wirbelkörper.

Diagnose: Geringe Spondylosis deformans der LWS.

Dieser Röntgenbefund wurde in die Gruppe B_3 eingeordnet.

H. Literaturverzeichnis

Albrecht, K.: Die Bedeutung der lumbosacralen Lordose bei der Differentialdiagnose des Bandscheibenprolapses. Münchener medizinische Wochenschrift 35 (1954)

Arnold, A.: Notwendigkeit sportärztlicher Betreuung unserer Jugend. Dtsch. Gesundheitswesen 18 (1950)

Barbaso, E.: Sull'incidenza Delle Alterazioni Della Colonna Vertebrale Nel Personale Viaggiante Di Una Azienda Auto-Tramviaria. La Medicina del Lavoro 1o (1958)

Beck, zitiert bei Schmid

Bjerninger, S.: Tractorsitsar. Jordbrukstekniska Institutet Meddelande 307 (1964)

Boehmig, A.: Konstitutionstypen und Altersleistungen beim Sport. Arzt und Sport 4 (1954)

Boehmig, A.: Sport und Alter, Dtsch. Gesundheitswesen 17 (1952)

Brocher, J.E.W.: Was versteht man unter Scheuermann? Deutsche medizinische Wochenschrift 12 (1955)

Brocher, J.E.W.: Die Wirbelsäulenleiden und ihre Differentialdiagnose (1966) Georg Thieme, Stuttgart

Bürger, M.: Einführung in die pathologische Physiologie (1956) Georg Thieme, Leipzig

Christ, W.: Aufbaustörungen der Wirbelsäule bei den in der Landwirtschaft tätigen Jugendlichen im Hinblick auf das Schlepperfahren. Grundlagen der Landtechnik 16 (1963)

Christ, W. u. Dupuis, H.: Der Einfluß vertikaler Schwingungen auf Wirbelsäule und Magen. Zentralblatt für Arbeitsmedizin und Arbeitsschutz 1 (1963)

Christ, W. u. Dupuis, H.: Beanspruchungen des Menschen durch Fahrzeugschwingungen. ATZ 12 (1963)

Christ, W. u. Dupuis, H.: Über die Beanspruchung der Wirbelsäule unter dem Einfluß sinusförmiger und stochastischer Schwingungen. Intern. Zeitschr. f. angew. Physiologie einschl. Arbeitsphysiologie 22 (1966)

Cibrian, S.: Die Schwingungsmessungen an Ackerschleppern. Landtechn. Forschung 2 (1958)

Coenenberg, H.H.: Die Belastungen von Motor, Fahrgetriebe und Zapfwelle bei Ackerschleppern. Grundlagen der Landtechnik 16 (1963)

Coenenberg, H.H.: Das "äußere" Schwingungsverhalten von Ackerschleppern, insbesondere ihre dynamischen Achslasten. Landtechn. Forschung 6 (1962) und 1 (1963)

Coermann, R. u. Okada, A.: Übertragung von Erschütterungen auf den Menschen bei verschiedenen Anstellwinkeln der Rückenlehne. Intern. Zeitschr. f. angew. Physiologie einschl. Arbeitsphysiologie 20 (1964)

Coermann, R. u. Lange, W.: Relativbewegungen benachbarter Wirbel unter Schwingbelastung. Intern. Zeitschr. f. angew. Physiologie einschl. Arbeitsphysiologie 21 (1965)

Coermann, R.: Physiologische Schwingungsprobleme in Fahrzeugen. Zentralblatt f. Verkehrsmedizin 3 (1965)

Coermann, R. u. Okada, A. u. Frieling, I.: Vegetative Reaktionen des Menschen bei niederfrequenter Schwingbelastung. Intern. Zeitschr. f. angew. Physiologie einschl. Arbeitsphysiologie 21 (1965)

Curtius, F.: Konstitution und Körperbau. Fortschritte der Medizin 4 (1966)

Dencker, C.H.: Handbuch der Landtechnik, Parey Hamburg (1961)

Dieckmann, D.: Die Wirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen. VDI-Berichte 25 (1957)

Dieckmann, D.: Die Einwirkung mechanischer Schwingungen bis 100 Hz auf den Menschen. Ultraschall in Medizin und Grenzgebieten 9 (1956)

Dieckmann, D.: Die Wirkung mechanischer Schwingungen in Kraftfahrzeugen auf den Menschen. ATZ 10 (1957)

Dieckmann, D.: Einfluß horizontaler mechanischer Schwingungen auf den Menschen. Intern. Zeitschr. f. angew. Physiologie einschl. Arbeitsphysiologie 1 (1958)

Dieckmann, D.: Einfluß vertikaler mechanischer Schwingungen auf den Menschen. Intern. Zeitschr. f. angew. Physiologie einschl. Arbeitsphysiologie 6 (1957)

Dieckmann, D.: Mechanische Modelle für den vertikal schwingenden menschlichen Körper. Intern. Zeitschr. f. angew. Physiologie einschl. Arbeitsphysiologie 1 (1958)

Dieckmann, D.: Einige Methoden zur Untersuchung des Schwingverhaltens von Kraftfahrzeugsitzen. ATZ 3 (1962)

Dieckmann, D.: Über die Verminderung der Schwingbewegungen des Menschen in Kraftfahrzeugen. VDI-Berichte 8 (1957)

Dieckmann, D. und Scheffler, H.: Untersuchungen von Schwingungen in einem Omnibus und ihre Einwirkung auf den Menschen. ATZ 9 (1956)

Dilg, H.: Untersuchungen über das Schwingungsverhalten des Schleppers RS 14/30 und des Geräteträgers RS 09. Agrartechnik 3 (1961)

Drechsler, K.: Untersuchungen an Schleppersitzen. Tagungsberichte des IfL Potsdam-Bornim der DAL zu Berlin 40 (1961)

Dupuis, H.: Arbeitsphysiologische Verhältnisse im Fahrerhaus. VDI-Berichte 25 (1957)

Dupuis, H.: Die Bedienung der Lenkung bei Ackerschleppern. Landtechn. Forschung 1 (1956)

Dupuis, H.: Die menschliche Beanspruchung bei der Bedienung von Kraftfahrzeugen insbesondere landwirtschaftl. Schleppern. ATZ 7 (1956)

Dupuis, H.: Senkrechte Schwingbeschleunigungen von Fahrern in Kraftfahrzeugen, auf Ackerschleppern und selbstfahrenden Arbeitsmaschinen. Grundlagen der Landtechnik 16 (1963)

Dupuis, H.: Ermüdungsfreie Maschinenbedienung. Landtechnik 14 (1954)

Dupuis, H. u. Preuschen, R. u. Schulte, B.: Zweckmäßige Gestaltung des Schlepperführerstandes. Landarbeit u. Technik 20 (1955)

Dupuis, H. u. Broicher, H. A. u. Pleszczyński, W.: Frequenzanalyse mechanischer Schwingungen in drei Richtungen am Schleppersitz. Landtechn. Forschung 5 (1965)

Dupuis, H. u. Broicher, H. A.: Schwingungsuntersuchungen mit elektronischer Klassierung bei praktischen Fahrversuchen. Landtechn. Forschung 2 (1962)

Dupuis, H. u. Broicher, H. A.: Mess- und Bewertungsverfahren für die menschliche Belastung beim Arbeiten mit Einachsschleppern. Landtechn. Forschung 4 (1962)

Dupuis, H.: Schwingungsuntersuchungen bei Schleppern auf einem Rollenprüfstand. Landtechn. Forschung 6 (1960)

Ehalt, W.: Haltungsfehler und Haltungsturnen im Kindes- und Jugendalter. Der Landarzt 19 (1966)

Erdmann, H.: Auf welche Fragen kann das Röntgenbild der Wirbelsäule Antwort geben? Hippokrates 36 (1965)

Fishbein, W. u. Salter, C.: The Relationship between Truck and Tractor Driving and Disorders of the Spine and Supporting Structures. Industrial Medicine and Surgery (1950)

Franke, H.: Zur Klinik der Osteochondrose der Zwischenwirbelscheiben. Dtsch. Gesundheitswesen 8 (1949)

Freytag: Hygiene der Arbeit in der Mechanisierung der Land- und Forstwirtschaft. Schriftenreihe der ärztlichen Fortbildung XIV (1960)

Gantenberg, zitiert bei Schröter, G.

Güntz, E.: Die Kyphose im Jugendalter. Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis 2 (1957)

Haack, M.: Über die Beanspruchung des Menschen durch Erschütterungen auf Schleppern und Landmaschinen. Grundlagen der Landtechnik 4 (1953)

Hornick, R. J.: Effects of Tractor Vibration on Operators. Agricultural Engineering 12 (1961)

Hesse, W.: Gesundheitszustand der Landbevölkerung auf Grund von Musterungsuntersuchungen. Der Landarzt 14 (1966)

Heyde, H.: Landmaschinenlehre. Verlag Technik Berlin (1963)

Isendahl, H.: Schwingungsmessungen an Schleppersitzen. VDI-Berichte 25 (1957)

Jansen, G.: Arbeitsmedizinische Gesichtspunkte zu einigen Ergebnissen der medizinisch-psychologischen Lärmforschung. Arbeitsmedizin-Sozialmedizin-Arbeitshygiene 9 (1966)

Jansen, G. zitiert bei Coermann, Okada und Frieling

Kamjeth, H.: Funktionelle Untersuchungen der Brustwirbelsäule und ihre klinische Bedeutung. Archiv f. Orthopädie und Unfallchirurgie 49 (1957)

Kandaurova, E.I.: Geräusch- und Vibrationspegel bei landwirtschaftlichen Maschinen. Gigiene truda i professionalńye zabelevanija 3 (1960)

Kaven, E.: Die Kraftanstrengung beim Einsatz von selbstfahrenden Heuerntemaschinen am Steilhang. XIII. Internationaler Kongress für Landarbeit (1966)

Keegan, J.J.: The Medical Problem of Lumbar Spine Flattening in Automobile Seats. SEA-Paper 838 (1964)

Keidel, W.D.: Vibrationsreception, Erlanger Forschungen B 2 Universitätsbund Erlangen (1956)

Kiene, W.: Zur Prüfung des Sitzkomforts von Ackerschleppern im Rahmen der technischen Prüfung. Landtechn. Forschung 1 (1963)

Kiene, W.: Entwicklung einer Ersatzfahrbahn zur Prüfung des Sitzkomforts auf Ackerschleppern. Landtechn. Forschung 4 (1965)

Klimkova-Deutschova, E.: Neurologische Aspekte der Vibrationskrankheit. Archiv f. Gew. Pathologie u. Gewerbehygiene 22 (1966)

Köhler, G.: Beobachtungen über vertebrale Dekompensationserscheinungen bei Sportlern als Folge der funktionsmechanischen Beanspruchungen, ihre Prophylaxe und Behandlungsmöglichkeiten. Dtsch. Gesundheitswesen 50 (1957)

Krause, H.: Das schwingungsmechanische Verhalten der Wirbelsäule. Intern. Zeitschr. f. angew. Physiologie einschl. Arbeitsphysiologie 20 (1963)

Lehmann, G.: Praktische Arbeitsphysiologie (1953) Georg Thieme, Stuttgart

Lehmann, G.: Arbeitsphysiologische Forschung und Arbeitsgestaltung. Anpassung der Arbeit an den Menschen (1952) Ardey Dortmund

Lehmann, G.: Durchgehende oder geteilte Arbeitszeit? Deutsche medizinische Wochenschrift 52 (1953)

Lehmann, G.: zitiert bei Coermann, Okada und Frieling

Louyot, P.: Wirbelsäulenschäden beim Lokomotivheizer. Archiv. malad. Profess. 15 (1954)

Matthews, J. u. Talamo, J.D.C.: Ride Comfort for Tractor Operators. Agricultural Engineering 2 (1965)

Mau, H.: Die Scheuermannsche Krankheit. Der Landarzt 19 (1966)

Mau, H.: Arthrosis deformans und Sport. Die Wochenschrift für Klinik und Praxis 13 (1966)

Mitschke, M.: Messung von Straßenunebenheiten und deren Einfluß auf Fahrzeug und Fahrbahn. Diss. Braunschweig (1957)

Mitschke, M.: Theoretische und experimentelle Schwingungsuntersuchungen am Kraftfahrzeug. ATZ 7 (1963)

Mitschke, M.: Beitrag zur Untersuchung der Fahrzeugschwingungen. Deutsche Kraftfahrtforschung u. Straßenverkehrstechnik 157 (1962)

Mohing, W.: Die Arthrosis deformans des Kniegelenkes. (1966) Springer Berlin-Heidelberg

Morrison, C.S. u. Harrington, R.E.: Tractor Seating for Operator Comfort. SAE-Paper 61-132 (1961)

Meschetti, S.: Erschütterungen und Lärm bei Landmaschinen. Macchine e motori agricoli 18 (1960)

Müller, E.A.: Die Wirkung sinusförmiger Vertikalschwingungen auf den sitzenden und stehenden Menschen. Arbeitsphysiologie 10 (1939)

Müller, E.A.: Physiologische Wege zur Erhöhung der körperlichen Leistungsfähigkeit. Sportarzt und Sportmedizin 16 (1965)

Mungo, zitiert bei Barbaso

Nachemson, A. u. Morris, J. M.: In Vivo Mensurements of Intradiscal Pressure. J. Bone Jt Surg. 46 A (1964) zit. n. Christ u. Dupuis

Neiss, A. W.: Skelettvariationen, Habilitationsschrift Erlangen (1964)

Neiss, A. W.: Röntgen-Indentifikation. Wehrmedizinische Mitteilungen 4 (1962)

Pillokat, A.: Die HWS als Krankheitsfaktor. Dtsch. Gesundheitswesen 32 (1951)

Quass, M.: Zur Problematik der Leistungsfähigkeit von Jugendlichen und jüngeren Erwachsenen. Dtsch. Gesundheitswesen 36 (1957)

Querg, H. u. Schröder, G.: Röntgenologisch-klinische Untersuchungen der Wirbelsäule an Ruderern. Sportmedizin 7 (1958)

Radermacher, K. u. Romacker, B.: Beitrag zur objektiven Bestimmung des bewegungsmechanischen Fahrkomforts bei Straßenfahrzeugen. Rheinstahl-Technik 3 (1966)

Radke, A. O. u. Simons, A. K.: Schwingungstechnische Betrachtungen über einen LKW-Fahrersitz. Automobil-Industrie 2 (1963)

Rösler, G. u. Schmeiser, A.: Die altersabhängige Beweglichkeitsminderung der Halswirbelsäule. Zeitschrift für Alternsforschung 1 (1957)

Rosegger, S.: Arbeitsphysiologische Probleme in der Landtechnik insbesondere beim Schlepperfahren. Grundlagen der Landtechnik 13 (1961)

Rosegger, S.: Entwicklungstendenzen der Produktionsverfahren im Anpassungsprozeß der Landwirtschaft. Landbauforschung 1 (1966)

Schachwasjan: Thesen für die Arbeitshygiene bei der Arbeit mit landwirtschaftlichen Maschinen. Schriftenreihe der ärztlichen Fortbildung XIV (1960)

Schlomka, G. u. Schröter, G.: Über die Bedeutung der beruflichen Belastung für die Entstehung der degenerativen Gelenkleiden. Zeitschr. f. innere Medizin 21 (1955)

Schmid, A. M.: Über den Zusammenhang von Bandscheibenleiden und Unfall. Münchner medizinische Wochenschrift 24 (1954)

Schmidtke, H.: Die Ermüdung. Hans Huber Bern u. Stuttgart (1965)

Smith, N.: Consider the Man on the Machine. Practical power farming 3 (1964)

Schmorl, G. u. Junghanns, H.: Die gesunde und kranke Wirbelsäule in Röntgenbild und Klinik. (1957) Georg Thieme Stuttgart

Schneider, H.J. u. Decker, K.: Gedanken zur Gestaltung des Sitzes. Deutsche medizinische Wochenschrift 38 (1961)

Schröder, G.: Persönliche Mitteilungen

Schröter, G.: Hat die berufliche Belastung Bedeutung für die Entstehung oder Verschlimmerung der Osteochondrose und Spondylose der Halswirbelsäule? Dtsch. Gesundheitswesen 4 (1959)

Simons, A.K.: Tractor ride research. SAE-Paper 653 (1951)

Sulek, V. u. Vanek, J.: Neuer Sitz für landwirtschaftliche Maschinen. Mechanisace Zemeldestvi 3 (1957)

Tepe, H. J.: Häufigkeit osteochondrotischer Röntgenbefunde der Halswirbelsäule bei 400 symptomfreien Erwachsenen. Fortschritte auf d. Gebiet der Röntgenstrahlen 85 (1956)

Thomsen, W.: Ist eine Zunahme der Belastungsschäden bei Jugendlichen festzustellen? Deutsche medizinische Wochenschrift 45 (1955)

Thomsen, W.: Orthopädische Voraussetzungen für die Gestaltung von Sitzen. VDI-Berichte 25 (1957)

Tihelkova, D.: Die Beurteilung verschiedener Schleppersitztypen vom Standpunkt der vorbeugenden Sorge um den Menschen. Zemedelske stroje 2 (1958)

Tihelkova, D.: Über einige Probleme der Arbeitsphysiologie bei der Mechanisierung der Landwirtschaft. Practicky 8 (1957)

Unger, H.: Zum Problem der Haltungsfehler. Dtsch. Gesundheitswesen 43 (1953)

Valentin, H.: Die Bedeutung der Arbeits- und Sozialmedizin für die Sozialpolitik. Kleine Schriften zur Sozialpolitik und zum Arbeitsrecht 4 (1966)

Valentin, H.: Der Mann und seine Gefährdung durch den Beruf. Berufskrankheiten in der keramischen und Glas-Industrie 18 (1965)

Wachtel, V. Ju.: Lärm und Vibrationen der Schleppermotoren. Traktori i colchosmaschini 8 (1961)

Wagner, R.: Der bewegte Sitz. ATZ 9 (1958)

Weichardt, H.: Die Anpassung des Arbeitsplatzes an den Menschen aus arbeitshygienischer Sicht. Arbeitsmedizin, Sozialmedizin, Arbeitshygiene 11 (1966)

Wendeborn, J. O.: Die Unebenheiten landwirtschaftlicher Fahrbahnen als Schwingungserreger landwirtschaftlicher Fahrzeuge. Grundlagen der Landtechnik 2 (1965)

Wendeborn, J. O.: Mechanische Schwingungen an landwirtschaftlichen Fahrzeugen, insbesondere Ackerschleppern. Hefte z. Unfallheilkunde 87 (1966)

Zimmer-Vorhaus, .: Beanspruchung des Menschen bei verschiedenen landwirtschaftlichen Arbeiten mit Schlepper- und Pferdezugkraft. Diss. Stuttgart-Hohenheim (1955).

L e b e n s l a u f

Am 2. 1. 1921 wurde ich als Tochter des Kaufmanns Heinrich S e l t e r und seiner Ehefrau Meta, geb. Posewski in Berlin-Steglitz geboren.

Nachdem ich vier Jahre die Grundschule und anschliessend die Auguste-Viktoria-Schule in Berlin-Steglitz und die Luise-Henriette-Schule in Berlin-Tempelhof besucht hatte, erhielt ich 1940 das Reifezeugnis.

Nach Ableistung des Arbeitsdienstes und der für das Medizinstudium vorgeschriebenen praktischen Krankenpflege begann ich mit dem 3. Trimester 1940 das Medizinstudium an der Universität Berlin, bestand 1942 das Physikum und legte, nachdem ich während der klinischen Semester an den Universitäten G r a z und B e r l i n studiert hatte, im März 1945 das Medizinische Staatsexamen an der Universität Berlin ab.

Während der Medizinal - Assistentenzeit arbeitete ich in Osterwieck am Harz und in Wernigerode, wo ich auch im Anschluß weiter tätig war.

Bedingt durch mehrmaligen Umzug der Familie arbeitete ich in poliklinischen Einrichtungen in Dresden und Potsdam und war vier Jahre in der arbeitsmedizinischen Forschung tätig.

Seit Oktober 1964 habe ich mich als Praktische Ärztin in Bortfeld, Kreis Braunschweig niedergelassen.

Seit 1943 bin ich verheiratet mit dem Hochschul-Professor Dr. Sylvester Rosegger. Ich habe zwei Kinder.

BUCH- UND FOTODRUCK
LUDWIG MÜLLER
ERLANGEN · FAHRSTR. 5